LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU CONTROL DE CALIDAD

V. Tintorería

Fidel Eduardo
Lockuán Lavado

LA INDUSTRIA TEXTIL
Y SU CONTROL DE CALIDAD

Tintorería

por

Fidel Eduardo Lockuán Lavado

Versión 0.1 (noviembre de 2012)

La industria textil y su control de calidad por Fidel Lockuán Lavado se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported. Basada en una obra en http://fidel-lockuan.webs.com.

¿Qué significa esta licencia Creative Commons?

Significa que eres libre de:

- copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra
- hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:

Reconocimiento. *Debes reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador.*

No comercial. *No puedes utilizar esta obra para fines comerciales.*

Compartir bajo la misma licencia. *Si alteras o transformas esta obra, o generas una obra derivada, sólo puedes distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.*

- Al reutilizar o distribuir la obra, tienes que dejar bien claro los términos de licencia de esta obra.
- Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.

  Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior.

Nota del autor:

Si vas a imprimir esta obra, no te olvides de esta hoja, pues es la que permite que más gente pueda darle uso.

INTRODUCCIÓN

Las personas debemos el progreso a los insatisfechos.

Aldous Huxley

Esta serie de siete libros es el compendio de tomar notas durante tres años como estudiante, catorce como trabajador de fábrica y cuatro como técnico docente. En este lapso de tiempo noté la conveniencia de que todos los estudiantes (y los que ya no lo eran) pudieran tener la misma información textil básica, pero mucha de ésta se encontraba dispersa en múltiples documentos y en algunos casos, en inglés, restringiendo el acceso a su valioso contenido.

Los conceptos y principios generales casi siempre son los mismos, así que no los estoy descubriendo, solo ayudo en darlos a conocer, porque si el conocimiento no se comparte, entonces se pierde.

Quiero que esta obra sea de distribución gratuita y libre, con licencia *copyleft*. Te cedo el derecho de reproducirla y copiarla, con la única prohibición de darle un uso comercial (no la vendas), pues el afán lucrativo siempre ha impedido el verdadero *desarrollo*.

Por último, pido disculpas por el contenido incompleto, errores y omisiones.

El autor

Contenido

TRATAMIENTOS PREVIOS (PREPARACIÓN) 5
GASEADO O CHAMUSCADO 5
TERMOFIJADO 7
DESENGOMADO O DESENCOLADO 8
DESCRUDADO 8
BLANQUEO 10
MERCERIZADO 12
ANTIPILLING 15
CARBONIZADO 17
DECORTICADO 17
LAVADO 18
HIDROEXTRACCIÓN 19
SECADO 20
APERTURA DE GÉNEROS DE PUNTO TUBULARES 27
TEÑIDO 30
TEÑIDO POR SISTEMA DISCONTINUO (AGOTAMIENTO) 31
TEÑIDO POR SISTEMA CONTINUO 42
DEFECTOS DE UN MAL TEÑIDO 44
MAQUINARIA 45
PROCESOS DISCONTINUOS 46
TEÑIDOS CON IMPREGNACIÓN EN FOULARD (PAD) 64
PROCESOS SEMI CONTINUOS 69
PROCESOS CONTINUOS 70
INSUMOS 72
AGUA 72
PRODUCTOS QUÍMICOS 76
PRODUCTOS AUXILIARES 79
COLORANTES 82
ENZIMAS 89
BLANQUEADORES ÓPTICOS 89
EJEMPLOS DE PROCESOS 90
PROCESAMIENTO DEL ALGODÓN 90
PROCESAMIENTO DEL POLIÉSTER 94
TEÑIDO DE LA LANA 102
TEÑIDO DE FIBRAS ACRÍLICAS 103
BLANQUEO ÓPTICO 104
DESARROLLO DEL COLOR 106
CÁLCULOS RELATIVOS AL DESARROLLO DE COLOR EN LABORATORIO 109
EL COLOR 111
ESTUDIO DEL COLOR 113
MODIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DEL COLOR MEDIANTE RECETA DE TEÑIDO 134
INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL COLOR 138
CONTROL DE CALIDAD DE TEXTILES TEÑIDOS 141
EVALUACIÓN VISUAL DEL COLOR 141
EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE COLOR (ΔE*) EN EL SISTEMA CIELAB MEDIANTE ESPECTROFOTÓMETRO 144
CONTROL DEL BAÑO DE TINTURA 148
SOLIDEZ DE LOS COLORES 149
BIBLIOGRAFÍA 161

LA TINTORERÍA

El material textil, luego de los procesos de hilandería y/o tejeduría, presenta el color original de las fibras constituyentes (crudo), ocurre entonces que muchas veces este color debe ser cambiado para que los artículos confeccionados se diferencien entre sí. Para el usuario final todo entra por los ojos, es más, muchas veces hace la elección de una prenda sólo debido a su color, para efectos de combinación y moda, por ello es necesario que el material adquiera un color según las preferencias del cliente.

Pero la fascinación del humano por los colores tiene larga data: los emperadores chinos vestían de amarillo (color del sol), los griegos preferían el blanco en las prendas comunes y usaban el rojo en las celebraciones, para los romanos el color púrpura estaba reservado a los reyes y sacerdotes. En el imperio incaico, el Inca era el único que ostentaba la *mascapaicha* (o *mascaypacha*), que era una borla de lana roja que simbolizaba el poder absoluto sobre sus súbditos. En suma, buscamos desde siempre una manera de diferenciar un grupo de otro.

Solemos dar a cada color un significado particular que depende de la época y lugar del mundo; en general el color:

- Refleja nuestra personalidad: creativa, honorable, carismática, romántica, sencilla.
- Indica nuestro estado de ánimo: alegría, paz, luto.
- Posee simbolismo: el vestido de las novias, las banderas, la ropa de bebés.
- Es distintivo de ciertas actividades: el rojo en los bomberos, blanco o verde en médicos y enfermeras, naranjas vivos para los implementos de seguridad.
- Depende de las condiciones ambientales: ropa clara en el verano y oscura en invierno.

Fig. 1 Emperador chino, el amarillo es el color más parecido al sol, símbolo de elevación, contemplación y comprensión.

Fig. 2 Monje budista del sudeste asiático, el color naranja simboliza la unión de la energía del rojo y la intuición del amarillo.

Viendo esto, desde milenios se ha procurado que los textiles adquieran ciertas características cromáticas. Esto se logró empleando tintes que se encontraban en la naturaleza. Posteriormente con el desarrollo de la química, se produjeron los colorantes sintéticos.

Fig. 3 Teñido batik empleando la planta del índigo, en Indonesia

Fig. 4 Grabado de una tintorería de seda europea

Se entiende como tintorería al conjunto de procesos químicos que permiten al sustrato adquirir un color, de acuerdo al requerimiento final.

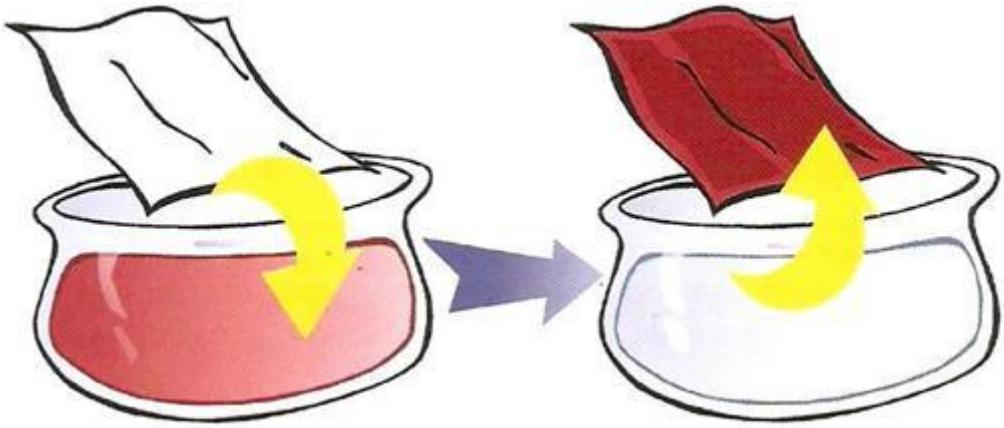


Fig. 5 Idea resumida de la tintorería: colorear un material textil en un proceso húmedo para transferir el tinte del baño hacia el sustrato.

Nota:

En este volumen explicaremos de forma general algunos procesos, maquinarias e insumos que involucran al área de tintorería, existen muchísimas omisiones (pues la cantidad de variables hacen que el número de temas tienda al infinito), pero se ha tratado de condensar las ideas más importantes. Es por ello que – si se desea mayor detalle en un punto específico – se recomienda hacer las consultas en publicaciones especializadas.

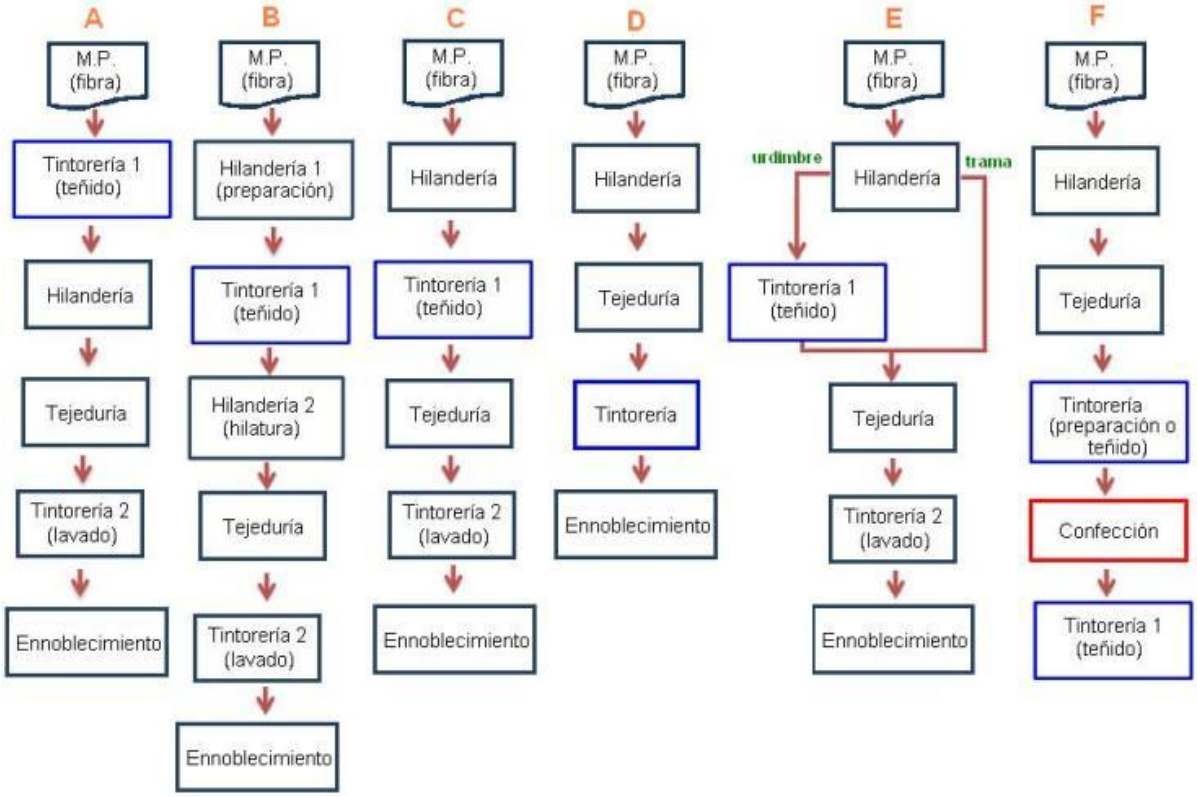


Fig. 6 Ubicación de los procesos de tintorería en el flujograma de la industria textil según el sustrato a teñir: **(A)** Teñido en rama (fibras sueltas) **(B)** Teñido en cintas de hilandería (tops) **(C)** Teñido de hilos **(D)** Teñido de tejidos **(E)** Teñido del denim **(F)** Teñido de prendas

En el proceso de la tintorería se presentan cuatro variables principales:

1. SUSTRATO

Es el material que se va a teñir, su presentación puede ser como fibras, cintas de hilandería, hilos, tejidos o incluso prendas. Podemos mencionar algunos factores propios que pueden influir en el éxito del teñido por ejemplo:

- **Fibra**

  Tipo, estructura química, grado de blancura, madurez (en el caso del algodón), afinidad por el colorante

- **Hilo**

  Intensidad de torsión, pilosidad, presencia de impurezas.

- **Tejido**

  Tipo, factor de cobertura, densidad de hilos o mallas

2. INSUMOS

Son los agentes que efectúan el cambio de color (colorantes y blanqueadores ópticos) o ayudan durante el proceso de tintorería a obtener resultados óptimos (productos químicos, productos auxiliares y enzimas).

Cada uno de estos productos cumple una función definida de antemano, muchas veces ésta depende de las condiciones de pH y temperatura de trabajo.

3. MAQUINARIA

Dependiendo del sistema de trabajo, pueden ser por sistema continuo, sistema discontinuo o sistema semicontinuo. Aplican los principios de temperatura, tiempo de exposición, relación de baño, pickup, presión, etcétera.

4. FACTOR HUMANO

El más importante, pues es quien decide a los anteriores, comprende a los niveles operativos, medios y directivos.

TRATAMIENTOS PREVIOS (PREPARACIÓN)

Esta etapa incluye una serie de operaciones que preparan el sustrato para los tratamientos de teñido, estampado y acabado.

Estas operaciones pueden variar según el tipo de fibra, la presentación del sustrato (fibra, cinta, hilo tejido) y también dependerán de los tratamientos posteriores a realizar, que pueden cambiar de acuerdo a diversos factores como las necesidades de los clientes, la experiencia personal y la disponibilidad de máquinas.

La etapa de preparación al teñido incluye operaciones que se realizan en seco o en húmedo. Y algunos de estos procesos (por ejemplo, blanqueo, mercerizado, gaseado y antipilling) puede considerarse operaciones ya sea preliminares o tratamientos de acabado, lo que depende de los procesos siguientes a llevarse a cabo sobre los hilos o telas.

GASEADO O CHAMUSCADO

El tratamiento mecánico en los diversos procesos de producción provoca inevitablemente una vellosidad más o menos pronunciada en los hilos. Esta pilosidad puede ocasionar que el tejido elaborado con estos hilos tenga una mayor propensión a la formación de bolitas en su superficie, lo que se conoce como *pilling*.

Con este tratamiento las fibras que aparecen en la superficie del tejido se queman con el fin de resaltar la cara. Se lleva a cabo generalmente en piezas crudas y los residuos se eliminan mediante un proceso de lavado adicional.

El quemado de las fibras superficiales puede realizarse a través de una llama abierta – gracias a quemadores de gas – o por medio de resistencias eléctricas calentadas al rojo vivo.

Si se emplea quemadores a gas, la llama puede ser perpendicular a la tela, y ocasionalmente tangencial; el tejido se coloca a una distancia de 1,5 a 4 mm del extremo de la llama y la máquina está equipada con un dispositivo de succión debajo de la tela, que atrae a la llama y concentra el calor en el tejido. La velocidad de la tela puede oscilar entre 60 y 120 metros por minuto.

El proceso gaseado con llama perpendicular es el más común, mientras que el proceso con la llama tangencial se usa para telas finas (chamuscado ligero).

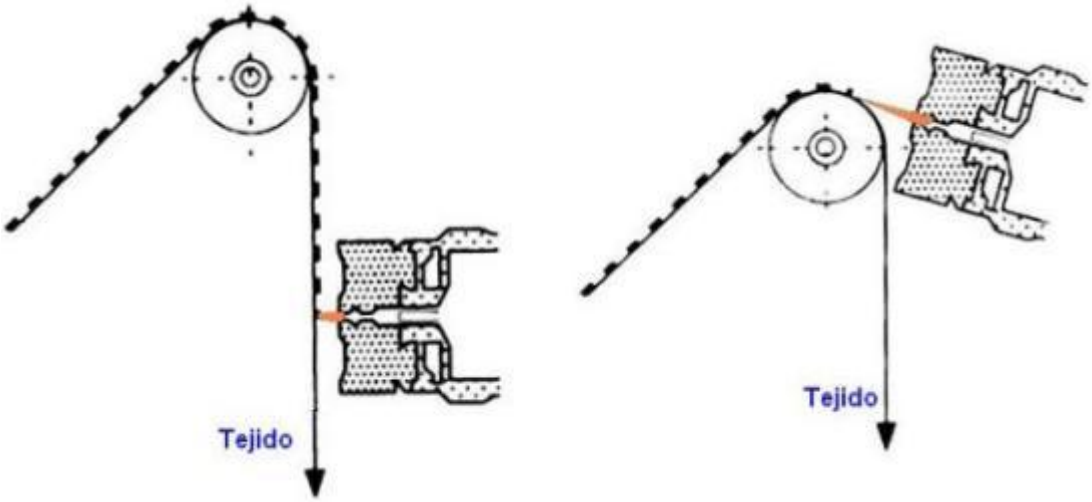


Fig. 7 Tipos de chamuscado de tejidos: perpendicular (izquierda) y tangencial (derecha)

Solamente se deben gasear artículos compuestos por fibras celulósicas, dado que sus cenizas son removidas del tejido con facilidad. Para las fibras proteínicas, se requiere un lavado un poco más enérgico. En cambio, como los residuos de las fibras sintéticas se adhieren a la superficie del tejido, su remoción es imposible, por lo que no se realiza esta operación en sustratos que presenten estas fibras, ni sus mezclas.

Tradicionalmente se sometían a este proceso los tejidos de calada y los hilos[1], pero actualmente existen chamuscadoras para géneros de punto tubulares.

En algunas ocasiones el gaseado se realiza posterior al teñido (como ennoblecimiento) y no como una preparación a éste. Si fuese el caso, debe tomarse en cuenta que el hecho de exponer un tejido al calor de la llama o de la plancha alterará el matiz del color logrado en la tintura.

Fig. 8 Chamuscadora o gaseadora para tejidos

[1] Las chamuscadoras o gaseadoras para hilos son máquinas donde el material pasa a través de una pequeña llama a gran velocidad. Forman parte de las operaciones de acabado en la hilandería.

TERMOFIJADO

Durante su fabricación, las fibras sintéticas al salir de la hilera se someten a un proceso de estirado en el cual se produce la orientación de las moléculas en el sentido del eje de la fibra, produciéndose una cristalización que se fija al enfriarse. Con esto se crean unas tensiones internas. Mediante el termofijado – aportación de calor – se libera a la fibra de dicha tensión, llevándola a un estado de equilibrio que la protegerá de toda deformación posterior.

Esta operación es crucial para los tejidos hechos de fibras sintéticas (poliéster, poliamida, elastómeros), para el triacetato, y en parte para fibras acrílicas, ya que otorga una excelente estabilidad dimensional y propiedades antiarrugas, siempre y cuando no existan condiciones de temperatura superiores que lo modifiquen posteriormente.

La tela se expone (mediante un flujo de aire) a elevadas temperaturas después de ser impregnada con agua, a una temperatura por encima del punto de la segunda transición vítrea[2] (para los acrílicos, por ejemplo, es de 80-85º C).

El termofijado se lleva a cabo en la rama, sobre tejidos crudos (poca frecuencia), descrudados (mayor frecuencia) y teñidos (poca frecuencia).

En cuanto a las condiciones de operación conciernen, deben tratarse con precisión la humedad y temperatura del tejido.

La fluctuación de las temperaturas dentro de la rama causa una variación de cristalinidad en la estructura de la fibra, lo que lleva a diferencias de afinidad por los colorantes.

La humedad en la fibra produce una *mano* suave, pero porcentajes variables de humedad en diferentes zonas del tejido también causan el defecto anteriormente mencionado (cristalinidad variable).

Las temperaturas demasiado bajas no permiten un termofijado, mientras que las temperaturas demasiado altas y tiempos de termofijado demasiado largos causan amarillamiento (poliamidas y elastómeros), mano áspera (acrílicos) y pérdida de elasticidad (fibras elastómeras).

La presencia de gases de combustión (N_xO_y[3]) produce una coloración amarillenta de los elastómeros.

El termofijado llevado a cabo antes del descrude podría fijar las manchas en el tejido o hacer que el proceso de lavado más difícil debido a la modificación de los productos lubricantes (craqueo con emisión de gases contaminantes). Además, si se realiza después del teñido podría conducir a la sublimación de colorantes dispersos.

Fibra	Temp. Mín (º C)	Temp. Máx. (º C)	Tiempo (s)
Poliéster	170	210	15 – 50
Poliamida 6.6	170	210	15 – 40
Poliamida 6	160	180	15 – 40
Triacetato	160	180	15 – 40
Acrílico	160	180 – 200	15 – 40
Elastómeros	180	180 – 200	15 – 40

Tabla 1

[2] La temperatura de transición vítrea (Tg) es el punto intermedio entre el estado fundido y el estado rígido de un material. En el caso de los polímeros semicristalinos, se presentan dos temperaturas de transición.

[3] Óxidos de nitrógeno, término genérico para nombrar a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno, debido a la combustión en altas temperaturas.

DESENGOMADO O DESENCOLADO

Este tratamiento se lleva a cabo en tejidos de calada para eliminar la goma de la urdimbre.

Se desengoma para:

- Eliminar las impurezas más externas
- Lograr una buena humectación y así un mejor descrude, una mejor tintura y un mejor acabado.
- Igualar a la receptividad de la trama (sin encolar) con la urdimbre (engomada)

Mediante la aplicación de enzimas amilasas para hilos de algodón (desencolado enzimático) se lleva a cabo un proceso de degradación biológica del almidón, transformándolo en subproductos solubles que pueden ser eliminados por lavado. El proceso enzimático depende de la cantidad de moléculas de enzima por gramo de tejido, mientras que la estabilidad térmica de la enzima depende de la cepa bacterial de la que procede. Las amilasas sólo reaccionan con moléculas de almidón y no afectan al polímero de celulosa, ya que atacan al enlace 1,4 alfa-glucósido del almidón y no al enlace 1,4 beta-glucósido de la celulosa.

Esta reacción hace el uso de amilasas rentable (al aplicar gomas de almidón) en comparación con otros agentes de desencolado, tales como agentes alcalinos y oxidantes (desencolado oxidante), que atacan tanto el almidón y a la celulosa.

El proceso de desencolado oxidante se utiliza para eliminar gomas sin almidón que no se disuelven en agua o para eliminar gomas de almidón combinadas con alcohol de polivinilo (este tratamiento se lleva a cabo antes del chamuscado).

Este último tratamiento requiere controlar con precisión las condiciones para solubilizar solamente la goma y evitar cualquier degradación de la fibra.

El desencolado enzimático puede llevarse a cabo en sistemas discontinuos (jigger), pero los sistemas semicontinuo o continuo son más frecuentes (pad batch, pad roll y pad steam).

Si la goma es soluble en agua, puede ser eliminada mediante un lavado con agua caliente.

En general, para un correcto desengomado debe controlarse los siguientes parámetros:

- pH
- Temperatura
- Tiempo
- Dureza del agua
- Concentración del electrolito
- Selección del tensoactivo
- Rotación del rollo (en los sistemas pad batch y pad roll)

Un desengomado inadecuado puede ocasionar en el tejido:

- Manchas en el teñido
- Tendencia al efecto moaré
- Menor hidrofilidad
- Menor grado de blanco
- Tacto áspero

DESCRUDADO

Los sustratos textiles pueden contener innumerables impurezas o suciedades que cuando no son correctamente eliminadas pueden provocar en la tintura manchas, desigualaciones o colores menos *vivos*.

En las fibras de algodón, este tratamiento elimina las grasas y sustancias pécticas, algunas motas y prepara el material para absorber los agentes de tratamiento posteriores.

Se realiza habitualmente con agua blanda aditivada con soda cáustica y productos auxiliares tales como humectantes, detergentes, emulsionantes y secuestrantes. El álcali provoca que la fibra se hinche y mejora la acción de los tensoactivos. Este tratamiento puede llevarse a cabo en filamentos, hilos y telas.

En lugar del descrude tradicional, es posible llevar a cabo un proceso de descrudado enzimático (biodescrude) para eliminar las materias no celulósicas de las fibras de algodón, y hacerlas más fácilmente humectables y mejorar su absorción para el teñido y acabado.

En el descrude de la seda se elimina la sericina (goma de seda) de la fibroína (proteína de seda). La sericina es el elemento gomoso que mantiene unidos los filamentos de fibroína y da una mano dura y apariencia mate. Se lleva a cabo en hilos, hilos teñidos, pieza de tela teñida o preparada para estampar. El tratamiento causa una pérdida de peso que oscila entre 24 y 28%, y otorga a la seda un aspecto brillante y un tacto suave. Se lleva a cabo con soluciones jabonosas o con agentes tampón (*buffer*) de disolución. También es posible el uso de enzimas (proteasas), que hidrolizan la sericina. Recientemente, un tratamiento con agua a 120º C también ha mostrado buenos resultados, especialmente en hilos.

En la lana, el proceso de lavado elimina los aceites y contaminantes acumulados durante las operaciones anteriores y puede llevarse a cabo en cintas, hilos y tejidos con soluciones que contienen carbonato de sodio con jabón o amoníaco, o tensoactivos aniónicos y no iónicos, que llevan a cabo un lavado más suave para evitar cualquier daño a las fibras.

El descrudado de las fibras sintéticas elimina los aceites, lubricantes, antiestáticos, polvo y otros contaminantes; se realiza sobre hilos y telas por medio de agentes tensoactivos, detergentes y agentes emulsionantes.

En general, el descrude se efectúa mediante sistemas continuos o discontinuos, en las mismas máquinas utilizadas para el teñido. La temperatura, tiempo de procesamiento, pH y concentración de reactivos, dependerán de la fibra y de la maquinaria utilizada.

Un descrude incompleto origina generalmente teñidos y estampados defectuosos debido a los diferentes niveles de humectación e inconsistente afinidad del material para el colorante.

Parámetros a controlar del proceso

- Dureza del agua
- Concentración del álcali
- Temperatura
- Tiempo

Efectos del descrude sobre el material

- Pérdida de peso
- Pérdida de longitud
- Alteración de la torsión del hilo
- Alteración en la densidad lineal del hilo
- Aumento de la resistencia

Defectos de un mal descrude

- Manchas orgánicas
- Manchas minerales
- Fibras mal descrudadas

- Modificaciones de la estructura química del sustrato

BLANQUEO

El blanqueo se aplica para eliminar las impurezas del sustrato y obtener un grado de blanco, para preparar al teñido o estampado de colores claros y para homogenizar las variaciones no deseadas de tono.

Los agentes blanqueadores utilizados principalmente para fibras celulósicas son el hipoclorito de sodio (NaClO) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Ambos requieren la adición de hidróxido de sodio (NaOH) en el baño de blanqueo para alcanzar un medio alcalino, favoreciendo la formación del ion blanqueador, que en el primer caso es el ion hipoclorito y en el segundo es el ion perhidroxilo.

Cuando se utiliza hipoclorito el pH debe estar comprendido entre 9 y 11 y la temperatura no debe exceder de 30º C. Valores de pH inferiores a 4 dan lugar a la formación de cloro, mientras que los valores de pH que varían entre 4 y 9 dan lugar a la formación de ácido hipocloroso: estas sustancias químicas afectan negativamente la fibra y no realizan la acción de blanqueo. Después del blanqueo con hipoclorito, es necesario llevar a cabo un tratamiento anticloro. El material debe ser tratado con peróxido de hidrógeno para eliminar completamente el cloro y evitar la formación de cloraminas, que, en las máquinas de secado, podrían generar HCl, peligroso para la celulosa.

Con el peróxido de hidrógeno, en presencia de álcali, las motas pequeñas pueden ser eliminadas y el descrude en autoclaves por lo tanto, puede ser evitado.

El rango óptimo para la temperatura oscila entre 80º y 90º C y para el pH entre 10,7 y 10,9. Es necesario el uso de un *agente estabilizador*, que regula la velocidad de la descomposición química del agua oxigenada, lo que provoca un mayor grado de blancura.

El peróxido de hidrógeno a una concentración de 1 – 2 *vol.*[4] puede ser utilizado también para la seda después del desgomado, con un pH de 8 – 9, a 70 – 80º C durante 1 – 2 horas.

Fig. 9 Tejido descrudado (izquierda) y blanqueado (derecha)

Sobre la lana, es posible mejorar la blancura con peróxido de hidrógeno, con un intervalo de 1 a 3 *vol.*, estabilizado con pirofosfato a pH entre 8 y 9, a 45 – 50º C durante un tiempo que puede variar de 30 minutos a 3 – 4 horas. Alternativamente, es posible llevar a cabo un tratamiento con un pH de 3 – 4, con ácido fórmico a temperatura ambiente; en este caso, el HCOOH reacciona con el peróxido, generando ácido perfórmico, que lleva a cabo la acción de blanqueo. Este método daña ligeramente la lana, pero da buenos resultados.

Desde el punto de vista ambiental, el peróxido de hidrógeno es más adecuado que el hipoclorito, ya que tiene un menor impacto sobre el medio ambiente y los efluentes pueden ser descontaminados con operaciones simples.

Se recomienda añadir agentes secuestrantes en los baños de blanqueo.

Otro agente de blanqueo usado es el clorito de sodio (adecuado para fibras sintéticas) que toma ventaja de la acción oxidante del dióxido de cloro generado como resultado de la acidificación de la solución caliente de esta sal. Por desgracia, el dióxido de cloro es una sustancia tóxica y ataca a los

[4] El agua oxigenada se mide por volúmenes, y la de uso medicinal es el agua oxigenada de 10 volúmenes, lo que quiere decir que, en condiciones normales, por cada unidad de disolución de peróxido de hidrógeno se producen diez de oxígeno.

aceros inoxidables, por lo tanto, es necesario trabajar en unidades herméticamente cerradas equipadas con un sistema de aspiración con materiales resistentes, como la cerámica.

La operación de blanqueo puede llevarse a cabo en hilos, tejidos de calada y géneros de punto, mediante procesos continuos, discontinuos con circulación baño (autoclaves, jiggers, rueda de paletas, jets, overflows) y semicontinuo (pad-batch, pad-roll).

Parámetros a controlar del proceso

- Concentración del agente oxidante
- pH
- Temperatura
- Tiempo
- Lavado
- Neutralizado

Defectos de un mal blanqueo

- Blanqueos irregulares
- Formación de oxicelulosa (en el algodón)
- Amarillamiento del sustrato blanqueado
- Posible aparición de agujeros por puntos de óxido.

Control del peróxido residual

Mide la cantidad de peróxido que queda en el baño después del proceso de blanqueo. La medición se realiza con tiras reactivas o mediante titulación química.

Fig. 10 Tiras reactivas para determinar el peróxido residual en el baño de blanqueo.

Comprobación de la humectación de un tejido

En los tejidos preparados para teñir (o estampar) se evalúa su hidrofilidad (afinidad por el agua), ésta es importante, pues nos da una idea de la capacidad del tejido de absorber rápidamente el baño de tintura.

Un tejido con baja hidrofilidad tardará más tiempo en captar el baño de teñido, lo que podría causar problemas de igualación, sobre todo en el teñido por foulardado.

El método es simple: consiste en depositar una gota de agua sobre el tejido, dispuesto de manera horizontal, y medir el tiempo que tarda el tejido en absorber la gota. Además se mide el área que cubre la gota ya absorbida.

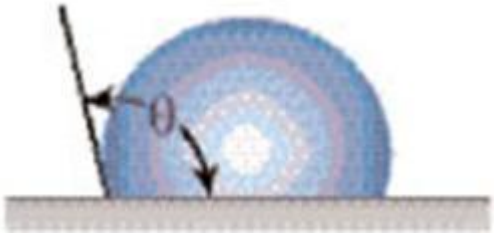
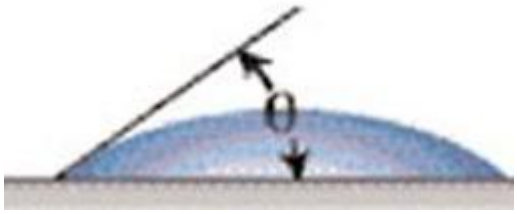
Baja humectación		Alta humectación
		
Alto	Ángulo de contacto	Bajo
Pobre	Absorción	Buena
Pobre	Esparcido	Alto
Mayor	Tiempo de absorción	Menor

Fig. 11 Prueba del grado de hidrofilidad de un tejido, además del tiempo de absorción, se observa la uniformidad del esparcido

MERCERIZADO

Es un tratamiento típico para hilos y tejidos de algodón (de calada y de punto, abiertos y tubulares), que mejora el brillo y la humectabilidad de la tela, asegura un recubrimiento de las fibras inmaduras y muertas, mejora la estabilidad dimensional y la eficiencia de teñido.

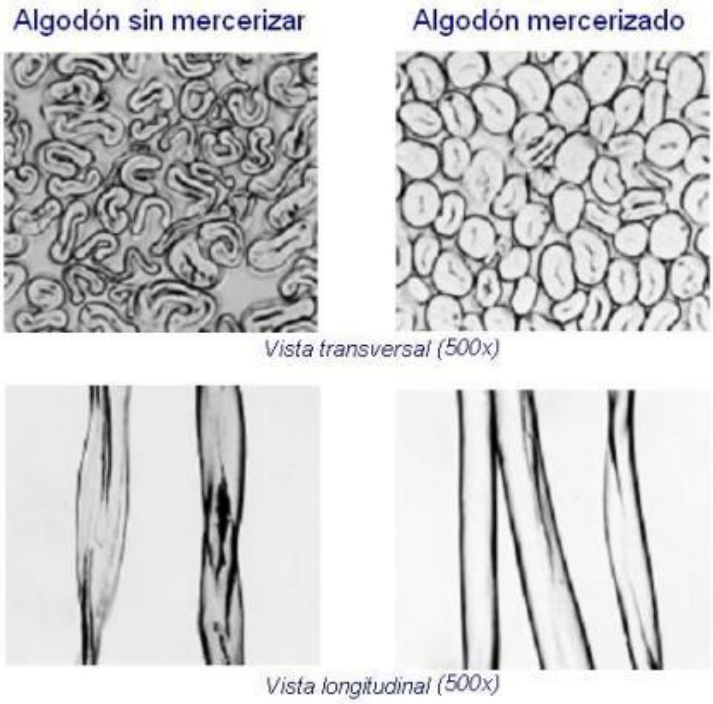


Fig. 12 Efecto del mercerizado en las fibras de algodón

Se lleva a cabo usando soda cáustica (28 – 30º Bé, aproximadamente 270 – 330 g/l)), que determina la contracción e hinchamiento de las fibras, haciendo que se vuelvan translúcidas y aumentando su resistencia a la tracción, pero reduciendo su resistencia a la torsión y a la flexión. La sección similar a un frijol de la fibra se hace primero elíptica y luego circular, lo que permite un mejor reflejo de la luz con el consiguiente aumento de brillo. El tratamiento se lleva a cabo normalmente bajo tensión.

Si la concentración es inferior a 24º Bé, el tratamiento se llama caustificado y se realiza para mejorar la penetración del baño de tintura en el tejido.

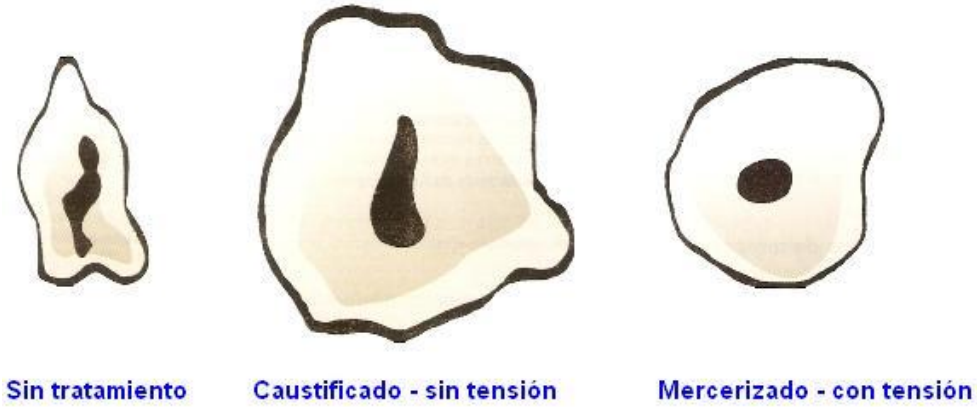


Fig. 13 Alteración de la sección transversal del algodón con el caustificado y el mercerizado

Fig. 14 Alteración de la torsión de la fibra de algodón con el caustificado y el mercerizado

La temperatura del baño por lo general oscila entre 15 – 20º C y su absorción uniforme se asegura mediante adición de agentes humectantes de mercerización estables en medio alcalino. Una vez que la operación se ha llevado a cabo, inmediatamente la alcalinidad debe ser neutralizada por medio de una solución diluida de ácido.

Desde un punto de vista químico, el álcalicelulosa es el primer material a formar, el siguiente (hidrocelulosa) se forma después de varios lavados con agua, que es más reactivo que la celulosa natural.

La humectación del algodón implica la contracción del material, que debe ser mantenido bajo tensión, para evitar una apariencia pelusienta.

En el mercerizado de hilos (realizado en máquinas especiales), antes de éste se somete al material a un chamuscado para eliminar pilosidad y los extremos de fibras, que podrían impedir el perfecto reflejo de la luz después del mercerizado.

Hay dos tipos diferentes de máquinas que se utilizan para el proceso sobre tejidos: un sistema de cadena y un sistema de cilindros.

- **Mercerizadora de cadena**: Permite alcanzar un brillo perfecto gracias al control de las tensiones. Este sistema funciona lentamente y no permite ninguna flexibilidad cuando el ancho de la tela varía.
- **Mercerizadora de cilindros**: este es un sistema más compacto y más rápido en comparación con el anterior; no permite la contracción de la urdimbre debido a que el tejido es controlado por los cilindros. La contracción de la trama también se evita gracias a la tensión producida por la acción simultánea de los cilindros y la tela humectada. Las mercerizadoras de cilindro también se utilizan para géneros de punto abiertos.

Cuando el mercerizado se lleva a cabo en géneros de punto tubulares después del proceso de humectación, se deja reaccionar el tejido en un foulard. El ancho de salida se controla por medio de un anillo separador ajustable mientras que la longitud de salida del tejido es controlado desacelerando la tela antes del exprimido final. La concentración de hidróxido de sodio se reduce a aproximadamente 4º Bé por medio de una ducha circular. A continuación la tela se lava, neutraliza y enjuaga.

Actualmente se han desarrollado procesos continuos de mercerización y blanqueo.

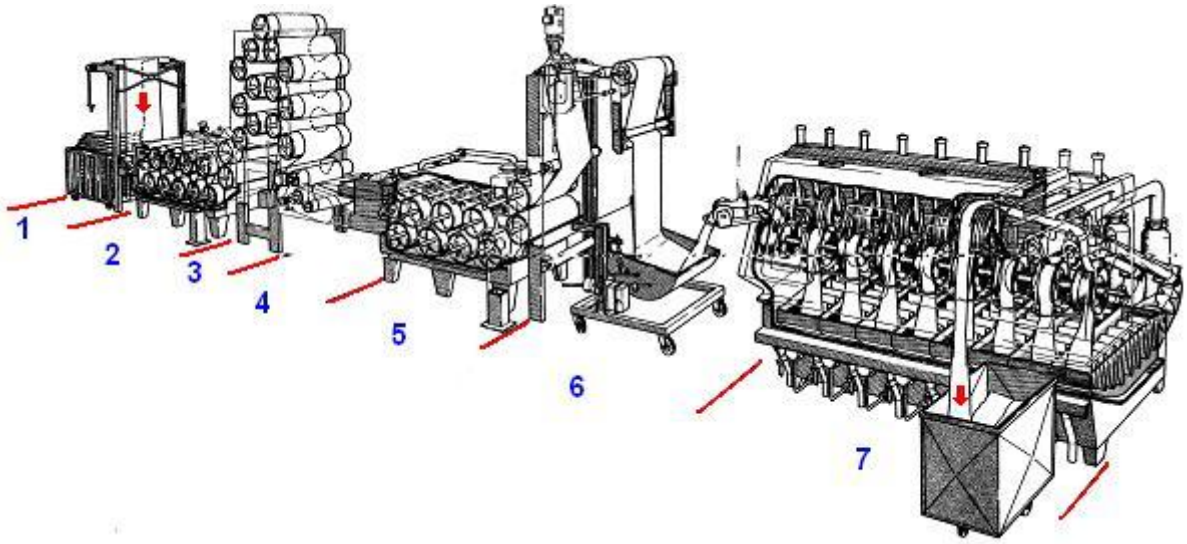


Fig. 15 Sistema continuo de mercerizado y blanqueo para géneros de punto tubulares. (1) Alimentación (2) Impregnación con NaOH (3) Exposición (4) Difusor (5) Estabilizador (6) Salida (7) Neutralizado y blanqueo

ANTIPILLING

El pilling es la formación de bolitas por agrupación de fibras sobre los tejidos. Aparece debido a una acción continua de rozamiento y es particularmente permanente en tejidos con fibras sintéticas o mezclas con éstas.

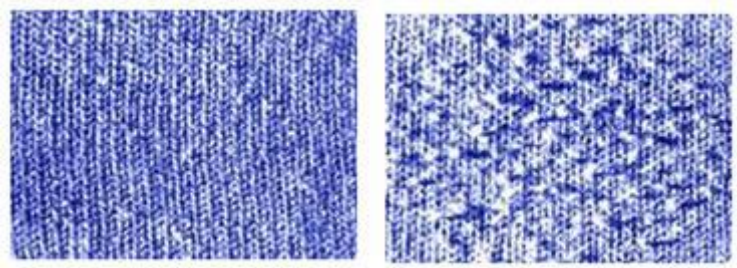


Fig. 16 Aparición del pilling en la superficie de un tejido de punto (derecha)

El antipilling (o biopulido) es la hidrólisis controlada de fibras celulósicas, mediante la aplicación de un tipo de enzimas llamadas celulasas. Éstas realizan una degradación específica sobre los enlaces 1,4-beta glucósido de la molécula de celulosa. La hidrólisis de este enlace separa la molécula en fragmentos pequeños que pueden reducirse todavía más. Ya que la enzima no se consume en la reacción, puede trasladarse a una posición distinta para iniciar la hidrólisis de otro enlace. Sin control, una pequeña cantidad de enzima puede reducir una cantidad de sustrato mucho mayor.

Para conseguir el efecto máximo de la enzima, es necesario optimizar el pH y la temperatura de la reacción. Generalmente las celulasas se clasifican en dos grupos comerciales principales, en base a los rangos de pH óptimos:

- las *ácidas*, tienen mayor actividad a un pH de 4,5 – 5,5 y a una temperatura de 45 – 55º C;
- las *neutras* requieren un pH de 5,5 – 8,0 y una temperatura de 50- 60º C. Los mejores resultados se obtienen ajustando el pH en un sistema de tampón apropiado que compensa cualquier fluctuación.

La hidrólisis de la celulosa no es instantánea. Además de un pH y temperatura óptimos se requiere un periodo de incubación, cuya duración depende del substrato. Las telas pesadas y las bajas dosificaciones enzimáticas requieren periodos de incubación prolongados.

El antipilling elimina los extremos de las fibras que sobresalen de la superficie de la tela. La acción enzimática debilita los extremos, pero no los separa del hilo. Se necesita una acción mecánica para completar el proceso. Cualquier abrasión de la superficie de la tela, puede considerarse una acción mecánica. La abrasión física necesaria varía según sea la hidrólisis de la fibra.

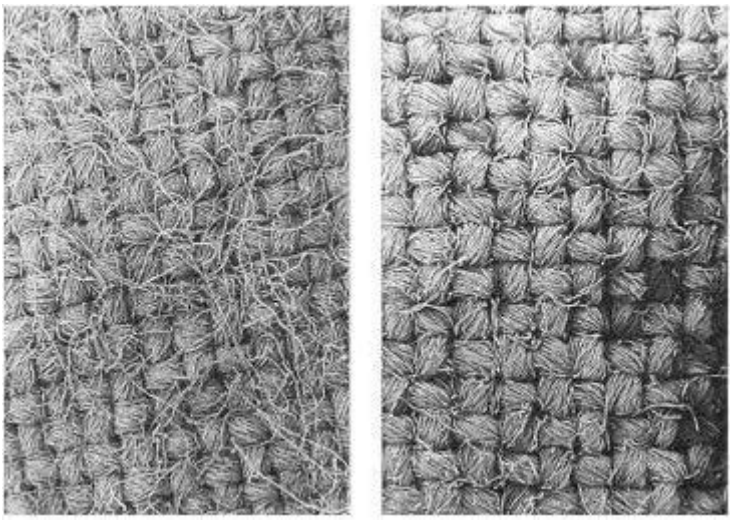


Fig. 17 Tejido antes del tratamiento antipilling (izquierda) y después (derecha)

Este tratamiento permite:

- La eliminación del algodón muerto o inmaduro, de neps y vellosidad superficial.
- Un suavizado *natural* del tejido, con una mejora en la mano y caída.
- Una permanente prevención de la fibrilación y, por consiguiente, del pilling.
- El aumento de las propiedades hidrófilas, particularmente en el caso de los tejidos de rizo.
- Una mejor limpieza y brillo, así como la uniformidad de teñido.
- Mejorar la calidad general del tejido.
- La posibilidad de crear acabados nuevos y originales.
- El uso de un proceso completamente amigable con el medio ambiente.

Como ya se dijo, el antipilling es el resultado de una combinación de hidrólisis enzimática y la acción mecánica, cuyas principales factores a considerar son:

Acción mecánica

- Tipo, diseño y manejo de la maquinaria.
- Tiempo de proceso
- Relación de baño

Acción enzimática

- Tipo y cantidad de enzima
- Tiempo, temperatura y pH del proceso
- Naturaleza y concentración de los auxiliares químicos presentes
- La inactivación térmica y/o alcalina de la enzima a final del proceso.

Actualmente, el uso del algodón americano con abundante fibra inmadura, obliga realizar el antipilling en el proceso previo a la tintura para evitar que los neps reaccionen con el colorante y produzcan efectos indeseados como son los puntitos de color más intenso en la tela. También suele realizarse luego del teñido (como ennoblecimiento) e incluso sobre prendas confeccionadas, para otorgarles un tacto similar a un lavado con piedra pómez (*stone wash*).

CARBONIZADO

En la hilatura de lana peinada, las materias extrañas (principalmente de origen celulósico) se eliminan casi por completo en la peinadora. La cinta peinada contiene cantidades muy pequeñas de partículas extrañas, que no afectan a los tratamientos posteriores, y sobre todo al proceso de teñido.

Ocurre algo distinto con la lana cardada, donde la cantidad de materias extrañas requiere un tratamiento específico con ácido sulfúrico para evitar posibles problemas durante el teñido.

El carbonizado también es necesario cuando la fibra bruta se compone de trapos o de residuos (carbonizado en seco con gas de HCl a 80º C). De hecho, con este tipo de material, el proceso de carbonización elimina cualquier residuo vegetal en la fibra después del descrude, gracias a la buena resistencia de la lana a la acción de ácidos que, por el contrario, destruyen la celulosa, y la fuerte acción deshidratante del ácido que provoca una pérdida de peso que no puede ser estimada previamente.

El carbonizado puede realizarse también en fibras, hilados y tejidos. Éstos últimos pueden estar crudos, lavados o teñidos.

La descripción del proceso de carbonizado es la siguiente: el material se impregna con H_2SO_4 (2,5 – 4º Bé ó 4 – 6%), se exprime en dos rodillos y se seca en rama a 85 – 90º C, durante 30 a 60 minutos.

El aire caliente concentra el ácido por evaporación, resultando en la deshidratación e hidrólisis del material celulósico.

Finalmente las fibras se lavan cuidadosamente para eliminar completamente cualquier acidez residual, lo que podría afectar a la fibra y a las operaciones posteriores. Una serie de lavados también incluye una neutralización con acetato de sodio.

Durante el proceso de tejidos, antes de la fase de lavado se realiza un batanado en seco para eliminar los residuos vegetales carbonizados de la estructura de la tela.

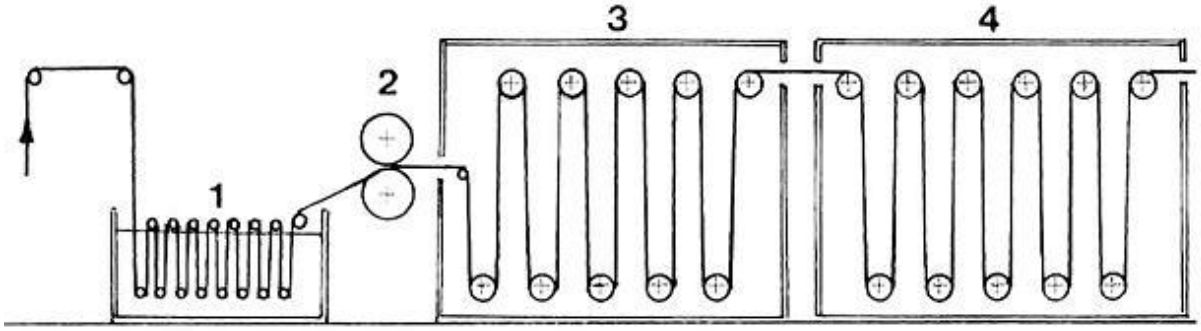


Fig. 18 Proceso de carbonizado tradicional (1) Batea de impregnación (2) Rodillos de exprimido (3) Secado (4) Carbonizado

DECORTICADO

Este tratamiento proporcionar una mano suave y sedosa para tejidos de poliéster[5], un efecto brillante y realce de los pliegues. Los mejores resultados se obtienen en telas fabricadas con hilos gruesos.

El proceso de decorticado de ancho abierto puede llevarse a cabo en jiggers o máquinas de teñido de plegadores; la decorticación en cuerda se realiza en jets o en overflows (sistemas discontinuos).

Se lleva a cabo después del descrude y termofijado, es mejor también realizar otro termofijado después del decorticado.

[5] Hasta hace pocos años este proceso también se utilizó para obtener los microfilamentos mediante la reducción del diámetro de la fibra.

El proceso se lleva a cabo a una temperatura que varía de 90 – 95º C a 120 – 130º C durante 20 – 35 minutos, con 30 – 50 g/l de NaOH 36º Bé. Una vez que el proceso ha sido completado, el tejido se lava y se neutraliza.

LAVADO

Los enjuagues y lavados son las operaciones llevadas a cabo con mayor frecuencia durante los procesos textiles en húmedo. Casi siempre están conectados a tratamientos clave y están destinados a remover del tejido las materias insolubles, que pueden estar en solución o en emulsión con otras impurezas.

Durante la preparación de la tela, por ejemplo, el lavado se lleva a cabo después del desencolado, blanqueo y mercerizado; en el teñido la etapa de lavado es necesaria para completar el proceso de teñido en sí o para eliminar el colorante que no se ha fijado; en el estampado, el lavado realiza una acción de acabado. Cuando se utilizan colorantes tina o colorantes dispersos, el proceso de lavado tiene por objeto eliminar el colorante residual de la superficie de la fibra por medio de agentes humectantes o disolventes.

Por lo expuesto, el lavado podría ser considerado un tratamiento crucial dentro del proceso textil, debido a su frecuencia y fuerte impacto económico. Los fabricantes cada vez más centran su atención en la reducción del consumo de agua, lo que conduce al subsiguiente ahorro de energía y agua caliente así como una reducción de las aguas residuales.

Junto con los tradicionales sistemas de lavado con tinas equipadas con rodillos verticales, existen en la industria unidades de lavado *horizontales*, reduciendo la relación de baño y el consumo de energía y agua por kilogramo de material lavado.

La secuencia de las diversas etapas de lavado es la siguiente:

a. Formación del baño detergente;
b. Alcance de la temperatura y humectación;
c. Separación de las impurezas y emulsificación;
d. Eliminación del baño de la fibra;
e. Secado.

A menudo, estos pasos se producen simultáneamente. El uso de tensoactivos (detergentes) durante el lavado es muy importante para acelerar la humectación del sustrato y facilitar la eliminación de la suciedad, manteniendo así la emulsión en el baño y prevenir que las partículas se depositen de nuevo sobre la fibra.

Los factores cruciales son el agua (que debe ser blanda para evitar la precipitación de sales de Ca y Mg que podrían dar una mano áspera y tosca) y los productos químicos a emplearse (emulsionantes, suavizantes y tensoactivos).

Contaminantes a ser eliminados

Obviamente, el uso de detergentes, así como las condiciones de operación dependen de la naturaleza de las sustancias químicas a eliminar.

La clasificación general se muestra a continuación:

1. *Aceites de hilatura (ensimajes para hilos de lana)*. Hay que distinguir entre los tejidos hechos con hilos peinados y con hilos cardados, que son muy diferentes en términos de cantidad (5% y 1% respectivamente) y la naturaleza de las sustancias añadidas: en lo referente a la naturaleza, las sustancias más frecuentemente utilizadas en ambos casos son aceites sintéticos o minerales. Estos aceites son generalmente auto emulsionables por medio de aditivos adecuados; la oleína se puede utilizar para los hilos cardados (ácido oleico), mientras que para los hilos peinados pueden emplearse aceites vegetales;

2. *Sustancias encolantes*. Para el proceso de la lana (opuesto al algodón, en donde se requiere realizar el desengomado), los encolantes utilizados (carboximetilcelulosa o alcohol polivinílico) se pueden eliminar fácilmente y no dan problemas particulares;
3. *Manchas aceitosas*. Es muy difícil eliminar este tipo de manchas debido a sus características y a su grado de penetración en el tejido; las manchas de aceite por lo general requieren un tratamiento previo con disolventes: se rocía directamente sobre la mancha (por medio de un aplicador). También se pueden eliminar con detergentes especiales que contienen disolventes, o por medio de lavado en seco;
4. *Residuos sólidos de diversa naturaleza (polvo, colorante no fijado, etc.) fijados al tejido por medio de sustancias grasas*. Para eliminar estos residuos, deben observarse y aplicarse operaciones generales de limpieza, prestando especial atención a la acción mecánica de fricción.

Conviene precisar que la relación mencionada anteriormente no es en absoluto exhaustiva, no es un texto en relación con el tratamiento y la eliminación de manchas severas (colores, óxidos, ataques microbiológicos, etc.), que no pueden ser tratados con los procesos normales de limpieza. En todo caso, se recomienda consultar la bibliografía específica sobre estos temas.

HIDROEXTRACCIÓN

Este proceso elimina el agua (la cantidad de agua varía en función del tipo de fibra) dispersa entre las fibras bajo acción mecánica; tiene como objetivo reducir el consumo de energía y se lleva a cabo antes del secado final del tejido o entre las diversas etapas de procesamiento húmedo (lavado, teñido).

Se puede llevar a cabo de las siguientes maneras:

- **Exprimido**

  El agua dispersa en la superficie y en los espacios del tejido se retira por medio de la presión aplicada por dos cilindros.

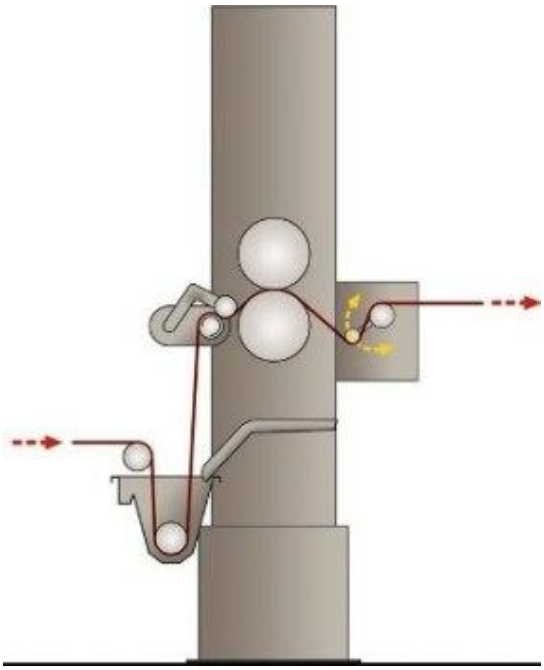


Fig. 19 Vista lateral de un hidroextractor por exprimido, se aprecia una tina de impregnación.

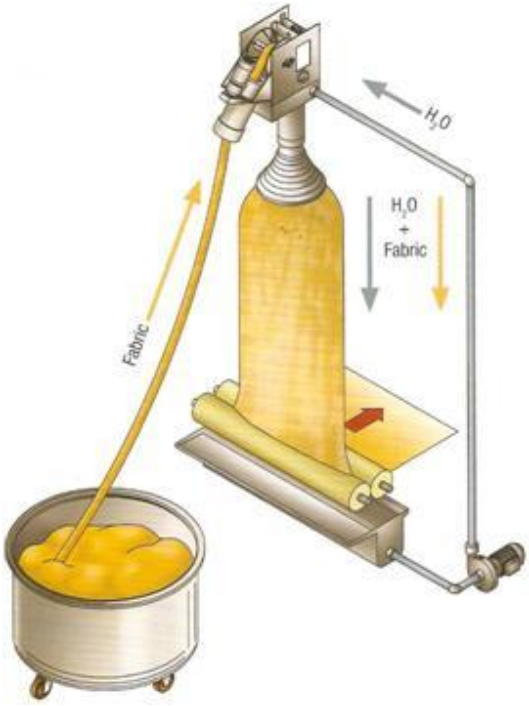


Fig. 20 Hidroextractor para géneros de punto tubulares, cuenta con un dispositivo para el destorcido de la cuerda teñida.

- **Centrifugado**

  Se elimina la mayor cantidad de agua dispersa en la superficie del sustrato por fuerza centrífuga. Se aplica sobre todo a hilos resistentes, géneros de punto y tejidos de calada.

- **Presión de vapor**

  Un chorro de vapor de alta velocidad soplado en todo el ancho abierto de la tela pasa a través de la misma y se elimina el agua en exceso. El agua es extraída y el vapor se condensa y reutiliza.

- **Vacío**

  Este método aplica el principio de succión y se usa para secar tejidos muy húmedos o telas delicadas que no deben someterse a la presión de los cilindros de una unidad de exprimido, pues afectaría negativamente su superficie. La tela abierta se desliza a lo ancho por encima de la abertura de un cilindro conectado a un sistema de aspiración. El aire aspirado desde fuera arrastra el agua excedente al pasar a través de la tela.

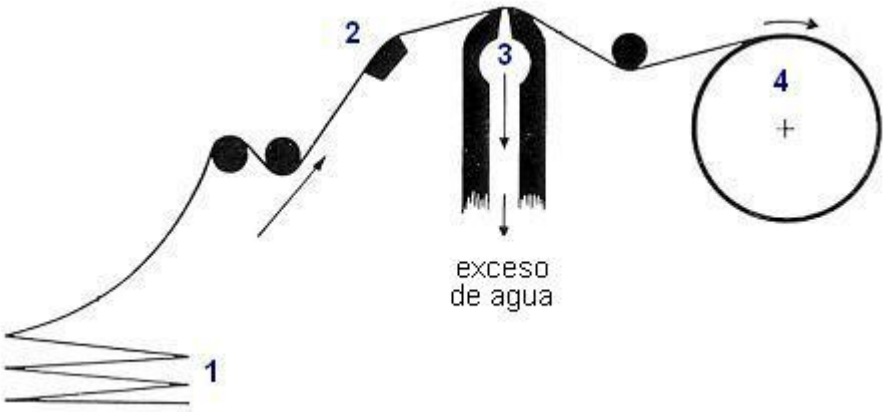


Fig. 21 Máquina hidroextractora por vacío. (1) Tejido húmedo plegado (2) Esparcidor (3) Zona de vacío (4) Rollo de tejido pre secado

SECADO

La frecuencia de operaciones que requieren una impregnación del sustrato (lavado, foulardado de baño en el teñido o acabado, desengomado, etcétera), conduce a la necesidad de procedimientos de secado posterior, con un alto impacto en los costos del proceso.

Dependiendo de su naturaleza y estructura, las fibras textiles absorben cantidades mayores o menores de agua, quedando parcialmente retenida entre las fibras y en los poros de la tela y más profundamente en las fibras hinchadas. El agua entre las fibras o en la superficie de la tela puede ser eliminada mecánicamente mientras que el agua en las fibras hinchadas se elimina con un proceso de secado.

Observaciones generales sobre las técnicas de secado

El proceso de secado tiene por objeto eliminar el excedente de agua y alcanzar el contenido de humedad natural de la fibra. Un secado excesivo puede afectar negativamente a la apariencia y la mano del sustrato. Es posible ajustar automáticamente el proceso de secado con ayuda de medidores eléctricos.

Al elegir una técnica de secado, debe evaluarse el costo-eficiencia (éste incluye muchos factores tales como la cantidad de vapor, agua y energía requerida para evaporar un kilogramo de agua), así

como la capacidad de evaporación de la máquina, expresada en kilogramos de agua evaporada en una hora de trabajo.

Ajuste del contenido de humedad en el proceso de secado

La velocidad de secado está determinada por la diferencia entre la tensión de vapor de agua sobre la superficie del sustrato y de la tensión del vapor de agua en la unidad de secado: aumenta proporcionalmente cuando disminuye el contenido de humedad en el aire de la unidad.

A fin de mantener este contenido en niveles bajos, es necesario soplar dentro de las unidades de secado grandes cantidades de aire calentado a su misma temperatura, lo que lleva a un enorme consumo de energía.

Al ajustar el grado de humedad deseado en el aire de la unidad de secado, se debe de considerar que los mejores resultados se obtienen de una correcta proporción entre la velocidad de salida y el consumo rentable de energía.

Ajuste de la velocidad de secado

El tiempo óptimo que un tejido pasa dentro de una unidad de secado debe corresponder exactamente al tiempo necesario para eliminar la humedad en la superficie y entre los espacios libres de las fibras, el tiempo de permanencia no debe exceder el tiempo de secado óptimo (esto causaría un secado excesivo), ya que la humedad *natural* del sustrato no debe ser eliminada.

La velocidad de alimentación de la tela se ajusta por medio de los dispositivos especiales montados en la salida de la unidad de secado, y varía proporcionalmente de acuerdo a la humedad con que la tela sale de la unidad.

El calentamiento de la unidad de secado

Las unidades de secado generalmente se calientan por medio de vapor con una eficiencia térmica media de aproximadamente 64%. Mayor eficiencia térmica es alcanzada por secadores calentados con flujo térmico (aproximadamente 80%). Una calefacción altamente eficiente se obtiene por medio de la combustión directa de gas, con una eficiencia de casi el 95%. La temperatura de funcionamiento se puede lograr en tiempos muy cortos y la calefacción se puede detener simultáneamente con la máquina.

SISTEMAS DE SECADO

El agua dispersa en un material textil por procesos físico-químicos generalmente se elimina mediante la acción de aire caliente, que hace que el agua se evapore; durante el proceso de secado, es muy importante considerar cuidadosamente la manera en que se dirige el calor sobre el tejido.

El proceso de secado puede llevarse a cabo por:

- Convección de calor
- Contacto con superficies metálicas calientes
- Radiación infrarroja
- Microondas u ondas de alta frecuencia
- Combustión

Los hilos y fibras sueltas generalmente se secan en compartimentos con aire caliente en su interior. Para el secado de tejidos en piezas, existen diferentes tipos de secadoras, que aplican los principios descritos a continuación:

Secado por convección de calor

La aplicación de calor sobre la tela húmeda se lleva a cabo mediante aire caliente que circula dentro de la unidad de secado. Hay dos tipos diferentes de secadores que aplican este principio de funcionamiento: secadores de compartimentos y secadores de túnel.

Secadores de compartimentos

Secador de tejidos en suspensión: se compone de compartimientos de aire caliente donde se mantiene el tejido plegado mediante una serie de polines (cilindros) que lo conducen hacia la salida. La circulación de aire se proyecta lentamente hacia abajo. Este sistema es adecuado para tejidos de peso ligero y mediano que pueden soportar la tensión de alimentación mecánica.

Secador *short-loop*: este sistema elimina casi por completo la tensión ejercida por el peso de la tela, también evita el riesgo de una posible migración de colorantes o productos de acabado.

Fig. 22 Secador de compartimentos

Secador *hot-flue*: la tela plegada verticalmente es guiada a través de un compartimiento de aire caliente. El movimiento de alimentación se determina mediante diferentes rodillos, mientras que cilindros especiales abren los pliegues de la tela. El rango de temperatura del secado oscila entre 80 y 100º C. Este sistema es adecuado para tejidos estampados, sobre todo para telas de peso ligero y mediano, así como para el secado intermedio después del estampado, después del impregnado en general, y después de la aplicación de tintes de fondo y otras operaciones similares.

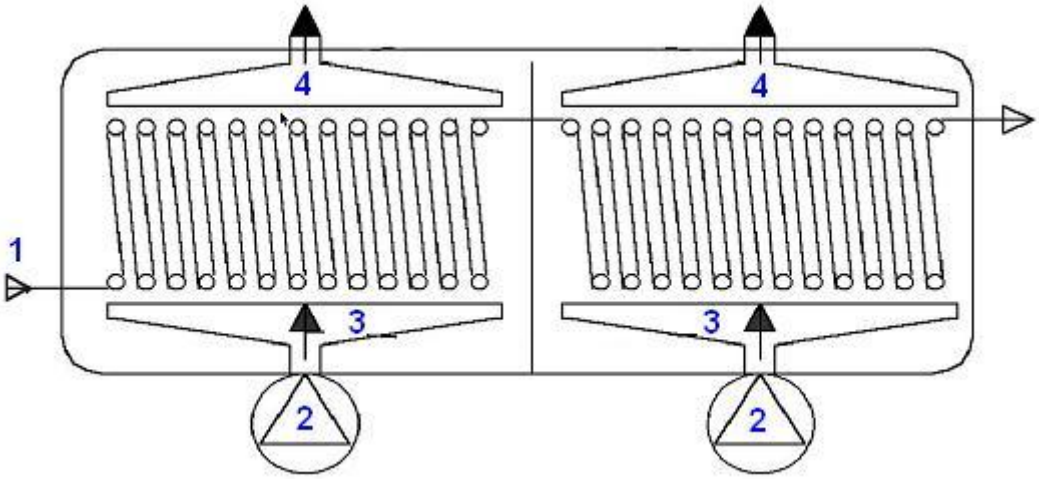


Fig. 23 Secador *hot-flue*. (1) Tejido (2) Quemadores (3) Aire caliente (4) Salida del flujo de aire

Fig. 24 Secador de compartimentos tipo *hot-flue*

Secadores de túnel

Secador de boquillas: La tela es suspendida sobre un colchón de aire generado por toberas dispuestas de manera adecuada.

Rama: Se compone de secciones de elementos (dispuestos longitudinalmente y calentados por circulación forzada de aire caliente) en donde el tejido pasa horizontalmente, apoyado sobre una banda.

Cuando el aire caliente entra en contacto con la tela, es enfriado (por intercambio térmico) y se elimina la humedad evaporada. El aire es parcialmente drenado (A) y reemplazado por una igual cantidad de aire fresco.

El aire restante (B) se recicla, añadido con aire fresco y se pasa de nuevo a través del elemento de calentamiento.

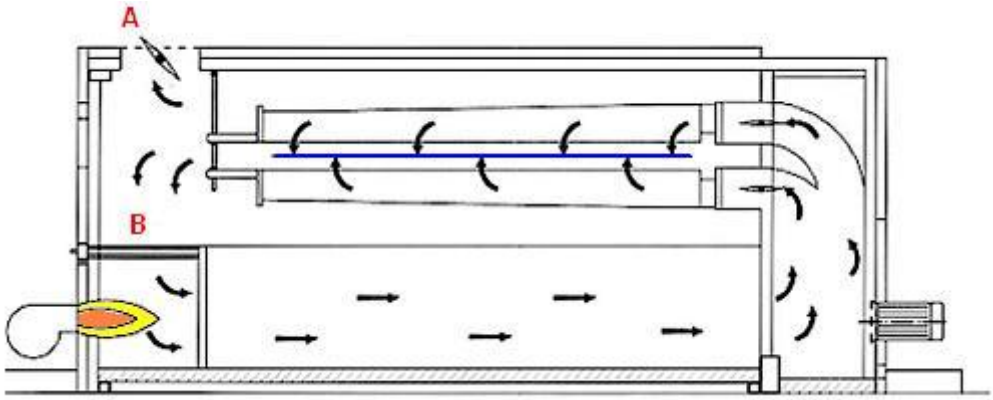


Fig. 25 Vista seccional de una secadora modular. El tejido es representado por la línea azul.

Esta máquina se utiliza ampliamente en el secado de tejidos, también se emplea para el termofijado, en la reticulación de acabados químicos, y en la fijación del estampado con pigmentos. Incluye una zona de impregnación donde se aplican productos de acabado y se exprime con un foulard.

La unidad está equipada con un sistema para mantener la tela tensada y también con un dispositivo para controlar la perpendicularidad de la trama respecto de la urdimbre. Cadenas sin fin, con clips o agujas para sujetar al tejido, se colocan a lo largo de la parte delantera, los módulos de secado y la salida, para guiar la tela sujetando el orillo. A la salida la tela se libera automáticamente de los estos dispositivos de fijación.

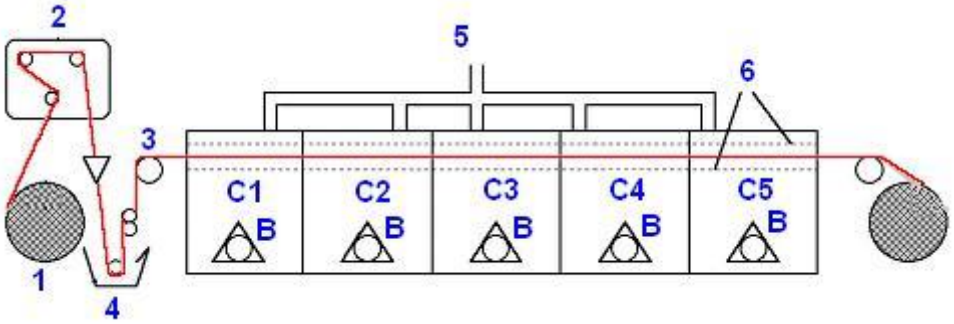


Fig. 26 Esquema de una rama. (1) Tejido (2) Enderezador de trama (3) Rodillo extensor (4) Foulard (5) Ducto de salida del aire (6) Rejillas (B) Quemadores (C) Módulos de secado

Fig. 27 Rama tensora. (1) Torre de ingreso (2) Foulard (3) Enderezador de trama (4) Sistemas de operación y control (5) Zona de sujeción (6) Campos de secado (7) Cadenas de sujeción (8) Módulo de salida (9) Accionamiento de las cadenas (10) Dispositivo de plegado o bobinado

Secado por contacto con superficies metálicas calientes

En este sistema, la tela se desplaza sobre varios tambores calentados. Los rangos de temperatura de secado oscilan entre 120 – 130º C y los cilindros se calientan por vapor a una presión de 1 – 3 atm. Este sistema de secado es muy eficiente y de bajo costo, particularmente adecuado para tejidos de calada, cuya estructura no puede ser fácilmente afectada por tensiones durante la alimentación.

Se utiliza para secados intermedios y para los acabados ligeros, no es adecuado para acabados con resinas reticulantes.

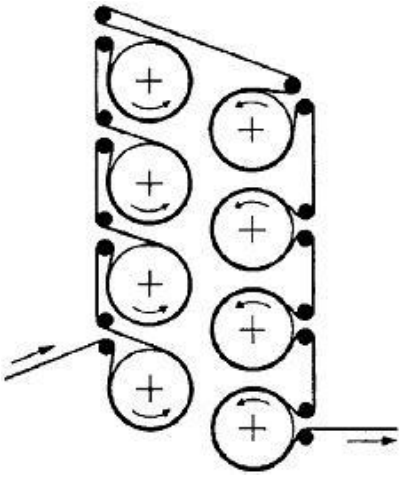


Fig. 28 Esquema de un secador de tambores (bombos)

Secado por radiación infrarroja

La radiación infrarroja puede ser absorbida por el tejido y transformada en calor por *degradación* de la energía. Sólo la radiación con una longitud de onda correspondiente a los niveles de absorción del material textil es absorbida por éste y por lo tanto se transforma en calor.

La capacidad de una cantidad de radiación para penetrar profundamente corresponde a su capacidad para desarrollar calor en el interior del material.

En las fibras celulósicas, por ejemplo, la absorción en el campo infrarrojo cercano es como sigue:

a. La radiación con longitud de onda λ = 2,5 μ es parcialmente absorbida; se libera una pequeña cantidad de calor y pasa a través de un material muy grueso.
b. La radiación con longitud de onda λ = 3 μ es altamente absorbida y por lo tanto, no penetra en la superficie, la que libera toda su energía en forma de calor.
c. La radiación con longitud de onda λ = 3,4 micras corresponde a una absorción media, penetra parcialmente en el material y crea una fuente de calor en su interior.

También el agua absorbe la radiación infrarroja, siendo su absorción máxima a las 3,5 μ. Si se considera que esta es la longitud de onda de absorción de casi todos los materiales textiles (celulósicos, poliamidas y fibras de proteína) así como del agua, la misma zona puede considerarse como la más importante del espectro infrarrojo para el proceso de secado

De hecho, estos niveles de radiación característica en casi todos los materiales textiles, otorgan un coeficiente de absorción excelente en la superficie y por lo tanto un potencial de calentamiento rápido, conduciendo a un buen rendimiento térmico. Esta sección representa sólo una pequeña parte (de 3 a 7%) de la radiación infrarroja emitida por una fuente estándar.

La radiación de 3 μ también es absorbida por el vapor de agua, mientras que las de un λ inferior pasan a través del vapor de agua con niveles de absorción insignificantes.

Las fuentes de radiación infrarroja usadas generalmente se caracterizan por emisión de espectros diferentes y se pueden dividir en tres categorías principales:

- Lámparas de radiación infrarroja corta
- Emisores incandescentes (para radiación infrarroja media
- Emisores infrarrojos no luminosos (para radiación larga)

La presencia de colorantes y productos de acabado en el tejido no modifican la absorción del espectro infrarrojo, siendo insignificante su impacto, en la mayoría de casos.

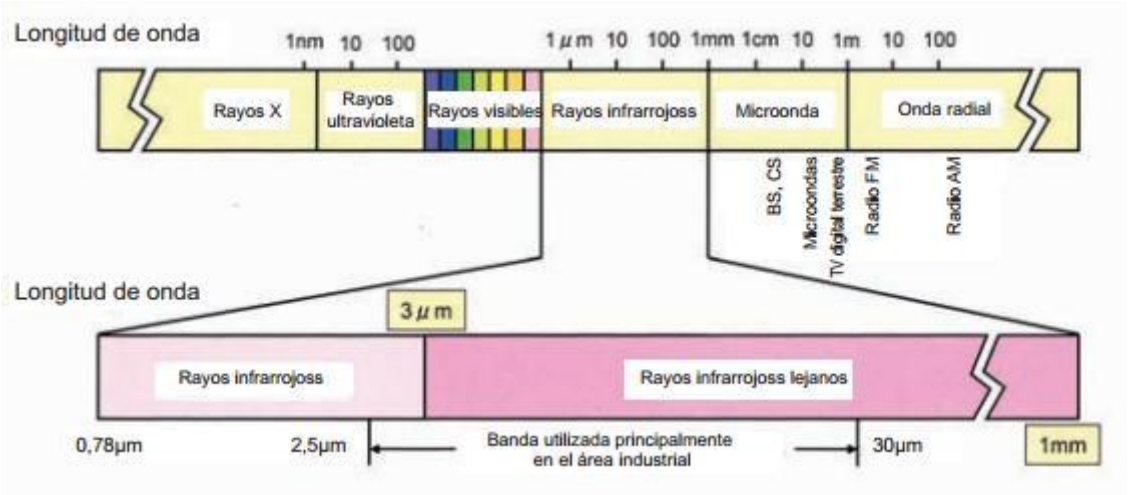


Fig. 29 Posición de los rayos infrarrojos dentro del espectro de ondas electromagnéticas.

Secado por microondas y radiofrecuencia

La transferencia de calor desde la superficie del tejido hacia la parte interior se lleva a cabo con cierta dificultad debido a la mala conductividad térmica de la tela, generando problemas para obtener una uniformidad de temperatura en toda la masa calentada, en tiempos relativamente cortos.

Por medio de ondas de radio frecuencia, el calor se desarrolla dentro del material en una cantidad que es proporcional a la del agua dispersada dentro del mismo.

De hecho, las moléculas de agua sometidas a un campo eléctrico están polarizadas en la dirección del campo eléctrico: en un campo eléctrico alternado, cada desplazamiento de campo corresponde a un cambio de la dirección de polarización.

Las moléculas de agua en un campo eléctrico alternado son obligadas a oscilar con la misma frecuencia del campo, disipando así la energía por efecto de la fricción molecular.

La energía producida por oscilación calienta el material (sin necesidad de calor por contacto o convección) y la cantidad de calor desarrollado se determina por la frecuencia y la intensidad del campo eléctrico, así como por la energía de oscilación de las moléculas polares. Este potencial se expresa por medio de la constante dieléctrica.

Sólo los materiales polares o polarizables con libertad de traslación y/o rotación molecular pueden ser calentados, mientras que los polímeros textiles – rígidamente vinculadas con cadenas largas – no tienen una estructura adecuada para vibrar y por lo tanto, para absorber la energía. Por esta razón, el agua dispersa en un material textil, gracias a su polaridad y su movilidad, tiene una capacidad de absorción 100 veces mayor que las fibras secas.

Por lo tanto un material húmedo puede absorber una cantidad de energía proporcional al agua dispersa en él: cuanto más disminuye la humedad, tanto más se reduce la energía disipada.

Además, si la humedad se dispersa de forma irregular en el tejido, una mayor cantidad de calor se desarrolla en las zonas con mayor contenido de agua, con una consecuente mayor evaporación. Esto conduce a una acción térmica rápida y homogénea, que detiene el secado una vez que el contenido de humedad deseado se ha alcanzado simplemente controlando la potencia disipada.

La unidad incluye una banda de alimentación que se dentro de un fuerte campo magnético con una transición rápida de una polaridad a la otra, lo que resulta en un sistema más rápido en comparación con el método estándar de secado con aire caliente, con un secado final suave y valores precisos de humedad residual.

El diseño de electrodos especiales permite la transferencia de energía de radio frecuencia de forma simultánea con la entrega de aire caliente. Teniendo en cuenta que la profundidad de penetración de las ondas electromagnéticas es inversamente proporcional a su frecuencia y con el fin de evitar señales de interferencia en las telecomunicaciones, la frecuencia internacional de bandas asignadas a estos sistemas de secado son las siguientes:

- Radio frecuencia: 13,56 y 27,12 MHz.
- Microondas: 915 y 2 450 MHz

Por lo general, la alta frecuencia se aplica a materiales muy gruesos (madejas, paquetes, fardos), mientras que las microondas se usan para tratamientos térmicos de alta velocidad en hilados y tejidos.

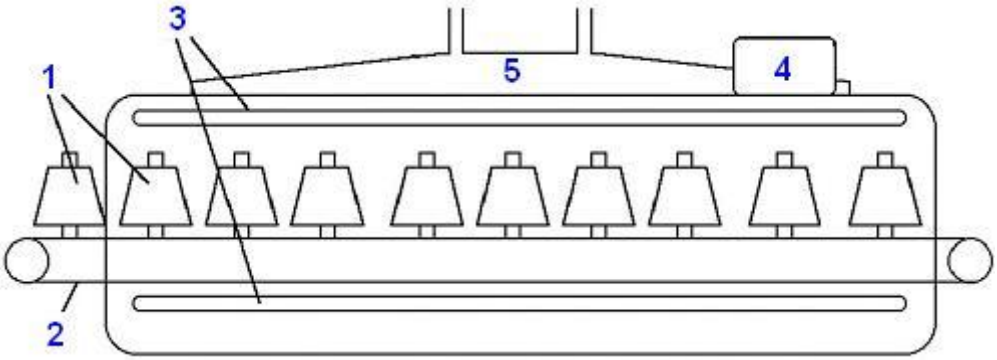


Fig. 30 Esquema de una secadora por radiofrecuencia. (1) Material (2) Banda de alimentación (3) Electrodos (4) Generador (5) Recolector del vapor

Secado por combustión

Las telas se secan mediante el calor de la combustión de un disolvente orgánico aplicado sobre ellas.

La aplicación de los productos de acabado se lleva a cabo por foulardeo, aplicando una solución de productos de acabado en una mezcla hidro-alcohólica, con 36% de alcohol metílico.

El tejido ingresa verticalmente en la unidad de secado, en el eje vertical del foulard, donde en un corto tramo (gracias a calentadores de infrarrojos) da lugar a la evaporación del alcohol metílico y de la ignición de los vapores (los intervalos de temperatura de ignición van de 31 a 37º C, de acuerdo con la concentración de alcohol. La temperatura de ignición de alcohol metílico anhidro es 11º C).

Como la longitud del túnel de secado es muy pequeña, la temperatura en la zona de combustión alcanza 600 – 750º C; si consideramos que un líquido se evapora por la absorción de calor, la tela tratada, cuando libera su humedad, mantiene una temperatura de entre 45 y 70º C, lo que permite un secado rápido y delicado.

La velocidad de alimentación del tejido, dependiendo de sus características, se ajusta por medio de dispositivos automáticos según la humedad residual deseada (en tejidos de peso medio la velocidad es de aproximadamente 40 m/min). Puesto que la evaporación del alcohol metílico requiere menos energía que la evaporación de agua y solamente CO_2 y vapor de agua se desprenden de la combustión, este proceso resulta ser no sólo un método rentable, sino también menos contaminante.

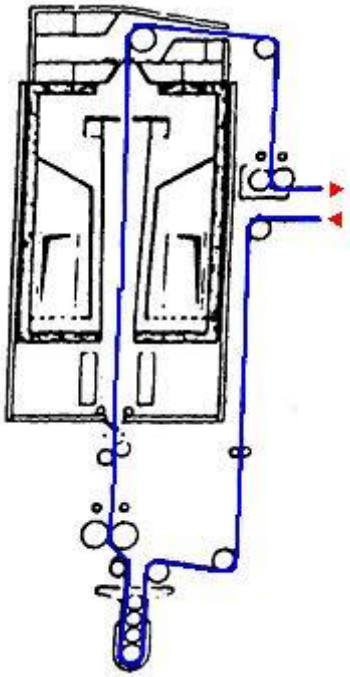


Fig. 31 Secador por combustión

APERTURA DE GÉNEROS DE PUNTO TUBULARES

El uso más frecuente de algodones de corta longitud y la exigencia de reducción de mermas en las salas de corte, así como evitar las marcas de los bordes de crudo y de las hidroextractoras, están obligando a convertir los géneros de punto tubulares en abiertos y realizar el secado final en la rama, donde se efectúa la impregnación de los productos de acabado.

Para ello muchas telas que tendrán acabado abierto vienen de la tejeduría con un desagujado, es decir una línea en su sentido longitudinal donde se aprecia una zona no tejida, que será el lugar por

donde será abierta la tela. La abridora cuenta con un sensor óptico que permite abrir la tela por el desagujado, pero también es necesaria la presencia del operario para ayudar a que el sensor siempre trabaje en la zona cercana al desagujado.

La operación de apertura puede realizarse en tejidos crudos (antes de la preparación) o en telas teñidas (secas o húmedas). Se cuenta con una amplia variedad de abridoras, muchas de ellas versátiles, que incluso cuentan con doble foulard (uno para la hidroextracción del agua y el segundo para la impregnación del producto de acabado).

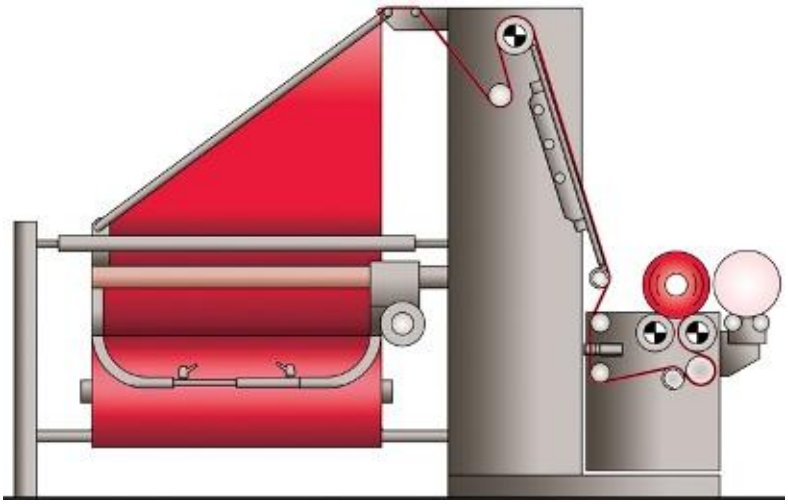


Fig. 32 Abridor de tejidos crudos

Fig. 33 Apertura de tejido en seco

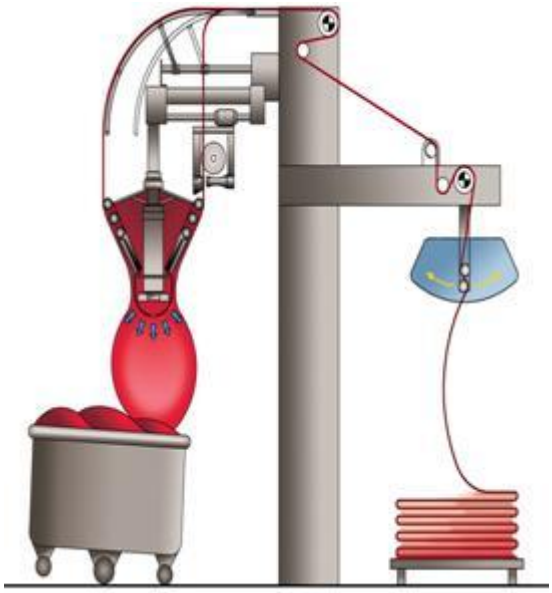


Fig. 34 Abridor de tejidos en húmedo

Fig. 35 Apertura de tejidos en húmedo

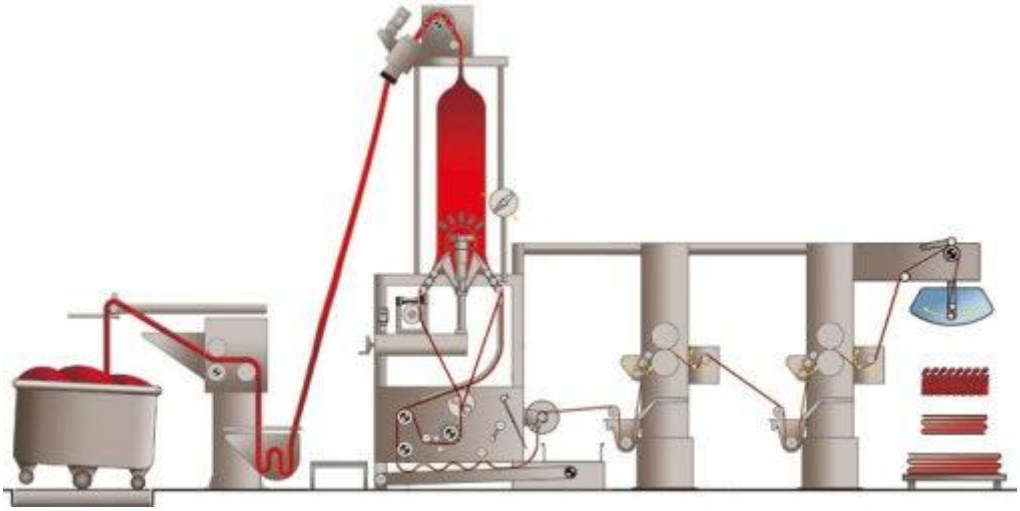


Fig. 36 Abridor de tejidos en húmedo con doble foulard

Los principales defectos que pueden presentarse son:

- **No abrir la tela por el desagujado**

  Esto produce una pérdida en el consumo, ya que el desagujado se mantiene presente al interior de la tela e impide la elaboración de prendas por dicha zona.

- **Marcas en los extremos**

  Son producidas por los rodillos que se encuentran en la parte superior de la abridora y producen una o más marcas a manera de barras blancas en los extremos de la tela. Ha de realizarse un lavado para eliminar estas marcas.

TEÑIDO

Tintoreros y químicos de colorantes saben que existen tres formas o métodos de cómo los colorantes pueden ser retenidos por las fibras, donde las dos primeras formas han sido empleadas desde tiempos inmemorables. Dichos métodos se describen a continuación:

I. Adsorción física
Esta cuenta que con las mismas fuerzas con las cuales se atraen los colorantes a la fibra, inicialmente son suficientemente fuertes para retener las moléculas y resistir los tratamientos posteriores de lavado.

II. Adsorción mecánica
Esta consiste en la formación de materiales y pigmentos insolubles libres de la solubilidad química con que fueron difundidos en la fibra.

III. Reacción en fibra
Aquí las moléculas o iones de colorante no pierden todos sus grupos funcionales solubles después de ser difundidos dentro de las fibras, pero en las condiciones correctas reaccionan y se enganchan por enlaces químicos covalentes a las moléculas largas de la fibra formando nuevas derivaciones de color en las fibras.

Como se explicó en la parte inicial del libro, el proceso de teñido puede llevarse a cabo en diferentes etapas de proceso textil, es decir, en diferentes sustratos: fibras, hilos, telas y prendas.

Cuando el proceso de teñido se efectúa durante las primeras etapas de proceso, por ejemplo sobre fibras sueltas (antes de la hilandería) puede lograrse una mejor solidez del color. Este proceso se realiza en canastillas perforadas y aunque puede haber zonas donde el colorante no penetre completamente, en las posteriores operaciones de hilandería estas áreas se mezclan a fondo con las fibras teñidas, asegurando así un color uniforme.

La tintura de hilados se prefiere para la fabricación de telas listadas, a cuadros o tejidos Jacquard; este método de teñido otorga buenas solideces, pues el colorante llega hasta el núcleo de hilo. El hilo puede teñirse en forma de madejas, en bobinas (utilizando autoclaves) e incluso, si es urdimbre, se preparan plegadores perforados que son cargados en autoclaves.

El teñido en pieza se lleva a cabo en varios tipos de máquinas y el material puede ser presentarse abierto a lo ancho o en forma de cuerda.

Un buen teñido estrictamente depende de diferentes parámetros y condiciones que pueden ser evaluados inmediatamente (como la reproducibilidad) o que requieren una evaluación específica de solidez (uso, procesos en seco o en húmedo) realizada sólo por medio de pruebas posteriores en laboratorio.

Las máquinas utilizadas se eligen según el material a procesar. Los requisitos fundamentales son los siguientes:

- Protección del sustrato
- Repetitividad de los resultados
- Costo del proceso (dependiendo del tiempo, grado de automatización de la máquina, relación de baño, costo de los productos utilizados y tratamiento de las aguas residuales).

Para llevar a cabo un proceso de teñido es necesario:

- Disolver o dispersar el colorante en un baño de agua (en cocinas manuales, semiautomáticas o automáticas de acuerdo a determinadas reglas).
- Alimentar la solución de colorante en la máquina después de un filtrado adecuado (cocinas automáticas, tanques complementarios, bombas y filtros).
- Transferir el colorante del baño a la fibra (proceso y máquina).
- Distribuir homogéneamente el colorante sobre la fibra (proceso y máquina).
- Dejar que el colorante penetre en la estructura de la fibra y fijarlo (tiempo y temperatura).
- Lavar o enjuagar el sustrato para eliminar el colorante no fijado.

Hay dos métodos diferentes para transferir el colorante del baño a la fibra:

- **Tintura por agotamiento (sistemas discontinuos).**

  El colorante se disuelve o dispersa en el baño de teñido. El material se sumerge en el líquido de teñido y se retira solamente cuando el colorante se ha transferido mayoritariamente en el material a teñir, distribuido homogéneamente, penetrado en la fibra y fijado. Al final del proceso, el material se lava o enjuaga para eliminar la tintura colorante no fijado.

- **Foulardado (sistemas continuos o semicontinuos-)**

  Este proceso se lleva a cabo utilizando medios mecánicos (humectación por impregnado y exprimido). El baño de teñido se distribuye homogéneamente sobre la tela (es decir, también el colorante se distribuye homogéneamente).

  En una segunda etapa, el colorante penetra en el tejido y se fija a continuación. Al final del proceso, el material se lava.

  Algunas operaciones deben llevarse a cabo tanto para el teñido por agotamiento y por foulardado:

  - Disolver o dispersar el colorante en agua y filtrar.
  - Conseguir un contacto homogéneo entre el baño de teñido y la fibra.
  - Hacer que el colorante penetre en la fibra.
  - Fijar el colorante en el núcleo de la fibra.
  - Lavado final

TEÑIDO POR SISTEMA DISCONTINUO (AGOTAMIENTO)

Este proceso se puede utilizar para fibras, hilos y tejidos. El tinte disuelto en el baño se adsorbe primero, es decir, el material es teñido sólo en su superficie (el resultado en esta etapa depende del movimiento, sea del baño, del sustrato, o de ambos), luego penetra en el núcleo de la fibra (la difusión del colorante se ve afectada por la temperatura y el tiempo de tintura), y finalmente migra permitiendo así la uniformidad del teñido y su consistencia (esta fase se ve afectada por la temperatura y el tiempo).

Durante el proceso, las reacciones cinéticas y termodinámicas interactúan.

Teoría del teñido por agotamiento

El proceso de teñido es una reacción química que ocurre entre el colorante y la fibra:

Examinaremos la relación entre las reacciones cinética (velocidad de proceso) y termodinámica (balance).

Cinética y termodinámica aplicadas en la tintura

El proceso de teñido es en realidad una reacción química compleja, que se produce entre el colorante en dispersión y la fibra sumergida en la solución. Este proceso se lleva a cabo en diferentes etapas del proceso (fig. 37).

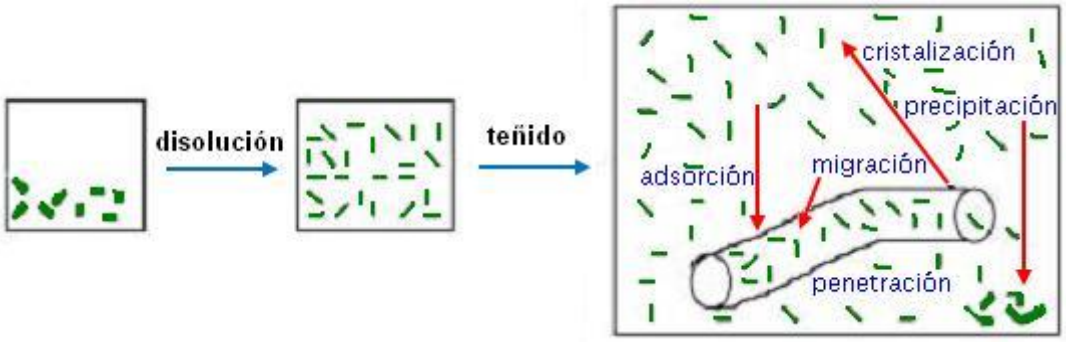


Fig. 37 Fases del proceso de tintura

Para una mejor comprensión de la teoría del teñido, es fundamental dividirlo en varias etapas (a veces incluso éstas ocurren simultáneamente) y estudiar cada uno de ellas individualmente desde varios puntos de vista:

- Cinética (estudio de la velocidad de reacción).
- Termodinámica (estudio del equilibrio de reacción).
- Hidrocinética (influencia sobre la cinética del baño y/o el movimiento del material, dependiendo de la máquina de tintura utilizada). Este es un aspecto importante no sólo para el teñido por agotamiento.

Primera fase (disolución y dispersión del colorante)

En esta primera etapa el colorante, en estado sólido, se equilibra según el baño ya sea en forma molecular o en forma micelar (agregados de muchas moléculas con buena solubilidad), o en forma de micropolvo disperso (microcristales de moléculas de colorante poco solubles) (fig. 38).

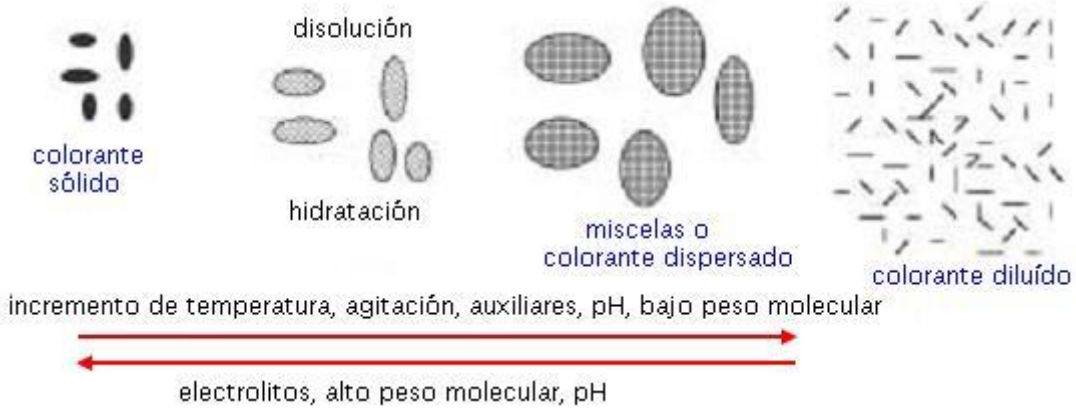


Fig. 38 Solución de los colorantes dispersables

Como se señaló anteriormente, los colorantes deben ser solubles o dispersables en agua, y sería por lo tanto adecuado para hacer una distinción entre colorantes solubles (a) y dispersables (b).

a) Los colorantes iónicos pueden dividirse en dos categorías principales:
   - Colorantes aniónicos, hecho de sales de sodio a partir de fenoles, ácidos carboxílicos, ésteres sulfúricos, grupos metálicos, o más frecuentemente, a partir de ácidos sulfónicos;
   - Colorantes catiónicos, generalmente de sales donde el anión es un cloruro, sulfato, acetato u otro, y contiene un átomo de oxígeno, azufre o, con mayor frecuencia un átomo de nitrógeno, con carga positiva.

   Todos estos colorantes crean un equilibrio entre el tinte disuelto en moléculas y el tinte en forma micelar (agregados de varias moléculas con grupos iónicos, parcialmente salinos, y por lo tanto dotados de una pequeña carga); en este caso, la solubilidad depende de la relación entre la hidrófoba y el tipo cantidad de grupos hidrófilos: colorantes con moléculas de gran tamaño (peso

molecular alto) son por lo general escasamente solubles, la presencia de una mayor cantidad de grupos iónicos (sulfónicos), o la presencia simultánea de grupos hidrófilos (hidroxilo, amino amida, etc.) aumenta la solubilidad con el mismo peso molecular. Un incremento de la temperatura permite un balance más rápido y aumenta la solubilidad de los colorantes (una mayor energía cinética aumenta la desintegración de las micelas).

La agitación favorece una rápida desintegración de las micelas. La adición de sales de sodio (cloruros o sulfatos) en cantidades considerables aumenta el agrupamiento en micelas de los colorantes aniónicos, reduciendo la solubilidad. También el pH puede afectar la solubilidad, aumentando para los colorantes aniónicos en un medio básico y para los colorantes catiónicos en un medio ácido.

Las aguas duras pueden producir precipitación de los colorantes aniónicos, por la formación de sales de calcio insolubles. Un aumento en la concentración del colorante (teñido de tonos intensos, baja relación de baño) favorece la aglomeración en micelas.

Algunas condiciones inadecuadas pueden originar precipitaciones y, por lo tanto, diferencias de tonalidad o reducir al agotamiento de los colorantes.

b) Los colorantes dispersos tienen una solubilidad extremadamente reducida (0,05 hasta 50 mg/l), que aumenta proporcionalmente con la temperatura. De todos modos se produce un equilibrio entre las moléculas disueltas y las dispersadas (éstas tienen un recubrimiento con moléculas de agentes disolutores). Los colorantes con moléculas de gran tamaño (peso molecular alto) son menos solubles en agua, la presencia de grupos hidrofílicos aumenta su solubilidad y capacidad de dispersión.

Los agentes de disolución coloide-protectores aumentan la estabilidad de las dispersiones, siendo generalmente más estables a pH 4 – 5. La agitación excesiva (separación mecánica del revestimiento en los agentes de disolución), las variaciones de temperatura (ruptura de los enlaces agente disolvente/colorante o agente disolvente/agua), el tiempo prolongado (2-4 horas) a temperaturas elevadas y la presencia de electrolitos, pueden facilitar la aglomeración de las moléculas disueltas o de los pequeños cristales – no recubiertos con el agente disolvente – en cristales más grandes, con un posterior aumento de su tamaño y su precipitación sobre la fibra y el baño.

Segunda fase (adsorción)

Durante esta etapa, por el efecto de la afinidad colorante-fibra, el colorante es adsorbido en la superficie de la fibra, formando de este modo enlaces químicos con ella.

La afinidad, la temperatura, (a veces el pH y/o los auxiliares) afectan a las interacciones termodinámicas y por lo tanto el equilibrio de las reacciones, determinando así el grado de agotamiento del baño de tintura.

Los mismos factores influyen también la velocidad de subida del colorante y por lo tanto su dispersión fluida. Obviamente esta parte puede afectar a la velocidad de teñido, que durante esta fase, también se ve afectada por factores hidrocinéticos relacionados con las máquinas utilizadas.

La afinidad entre el colorante y la fibra es la capacidad de ambos para formar un enlace permanente. Cuanto mayor sea la afinidad, más fuertes y más grandes son los enlaces fibra-colorante y pequeño es el enlace colorante-disolvente (agua). Generalmente también es directamente proporcional al peso molecular (tamaño molecular) del colorante. La afinidad es por lo tanto una condición estrictamente relacionada con la composición química del colorante y la fibra. En cuanto al aspecto termodinámico, los mismos criterios mencionados anteriormente deben aplicarse y en general un aumento de la temperatura de teñido causa un cambio del equilibrio en el baño, con una reducción del agotamiento y, por lo tanto, una reducción de la afinidad del colorante por la fibra.

En los colorantes dispersos

Debemos considerar coeficiente de distribución de Nernst:

$$K(T) = \frac{c(f)}{c(b)}$$

Donde:

- c(f) es la máxima solubilidad (valor de saturación) del colorante dispersado en las fibras a T temperatura.
- c(b) es la máxima solubilidad del colorante dispersado en el baño a T temperatura.

Tanto c(b) y c(f) aumentan cuando T aumenta, aunque la solubilidad en el agua se incrementa más rápidamente que la solubilidad en la fibra. En consecuencia, a temperaturas más altas el valor de saturación de la fibra se incrementa (la fibra puede absorber más colorante y obtener tonos más intensos), pero el balance de la tintura cambia hacia el baño, reduciendo así el agotamiento (fig. 39).

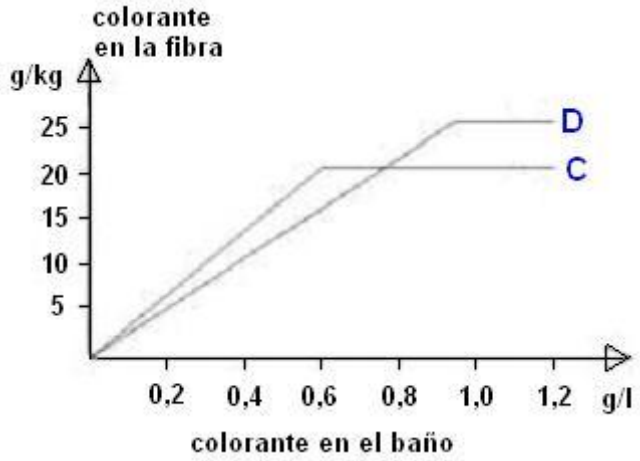


Fig. 39

Puesto que el colorante que es adsorbido por la fibra es el disuelto en moléculas, la velocidad de adsorción aumenta a temperaturas más altas.

Los colorantes con moléculas de gran tamaño (peso molecular alto) son menos solubles en agua, producen una mayor cantidad de enlaces con la fibra y por efecto del aumento de la temperatura, agotamientos de baño mayores y con mayor rapidez que los colorantes con un menor peso molecular.

En los colorantes iónicos

- Las fibras anfóteras (lana, seda, PA) por debajo del punto isoeléctrico[6] tienen carga positiva, con un aumento de la afinidad hacia los colorante aniónicos, mientras que por encima del punto isoeléctrico tienen carga negativa y por lo tanto, rechazan a los colorantes, permitiendo un control preciso de la afinidad, o sea la velocidad de subida y de agotamiento del colorante, si se ajusta adecuadamente el pH. Para los colorantes catiónicos los cambios de afinidad se realizan de forma inversa a la descrita.
- Las fibras celulósicas en medios de carga neutra, adquieren carga electrostática negativa, lo que reduce la adsorción de colorantes aniónicos; mediante la adición de electrolitos a la solución, los cationes adsorbidos pueden neutralizar las cargas negativas sobre las fibras, facilitando la adsorción de los colorantes.

[6] El punto isoeléctrico es el pH al que una sustancia anfótera tiene carga neta cero. A este valor de pH la solubilidad de la sustancia es casi nula.

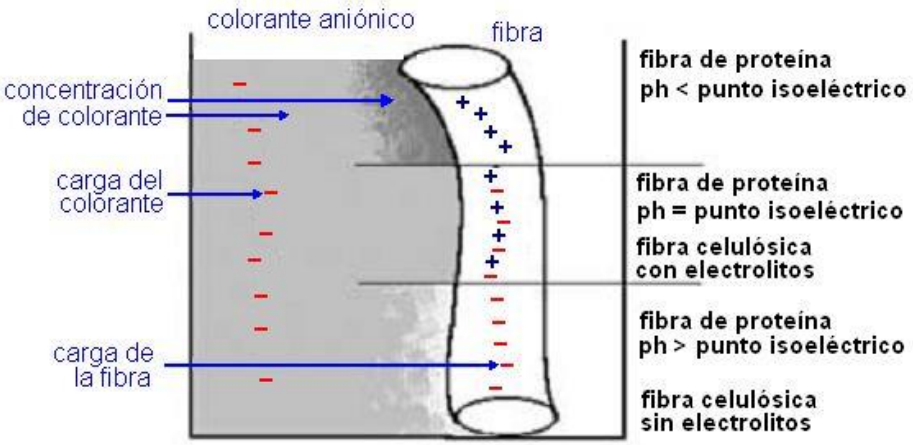


Fig. 40 Concentración del colorante en el baño cercano a la fibra

Los colorantes con moléculas de gran tamaño (altos pesos moleculares) son menos solubles en agua, forman más enlaces con la fibra, por lo tanto tienden a agotar más rápidamente los baños.

En los colorantes iónicos, contrariamente a los dispersos, el punto de saturación de la fibra se alcanza gradualmente, y por tanto, la relación entre la concentración de colorante en el baño y en la fibra ya no es lineal.

Las altas temperaturas reducen la afinidad colorante-fibra y también el agotamiento (fig. 41 – curvas A, B), pero la velocidad de adsorción será superior.

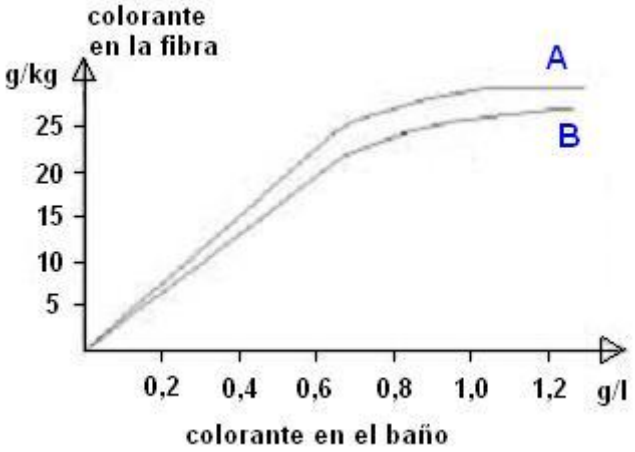


Fig. 41

Durante este paso, el movimiento entre el sustrato y el baño (condición hidrocinética), es un factor crucial.

Las condiciones más favorables se crean con máquinas en las que tanto el material como la solución de teñido se mueven con una baja relación de baño (más ciclos/min del baño para el mismo caudal de bomba).

Una rápida adsorción del colorante sobre la superficie del sustrato reduce la concentración de colorante cerca a la fibra, reduciendo así la velocidad de adsorción. Una correcta velocidad del cambio de baño en contacto con la fibra permite la máxima concentración del colorante cerca de ella.

Al mismo tiempo, el flujo del baño en contacto con el material se extiende homogéneamente y permite una buena distribución del colorante en todas sus áreas; mejorando la igualación del colorante con los mismos tiempos de operación.

La reacción de adsorción es usualmente suficientemente rápida para no afectar a la velocidad de tintura, debiendo ser a menudo más lenta o ajustada (temperatura, pH, productos auxiliares) en valores óptimos para evitar una distribución irregular del teñido.

Tercera fase (difusión)

Durante esta etapa el colorante, adsorbido en forma molecular por la superficie mediante la ruptura y formación de enlaces, muchas veces tiende a penetrar dentro de las fibras a través de sus zonas amorfas, distribuirse homogéneamente y fijarse continuamente.

Etapa más lenta del proceso de teñido, es extremadamente importante, pues establece los tiempos para una buena penetración, esencial para la óptima solidez, y en consecuencia, para una buena relación costo-eficacia y excelente calidad.

Los factores fundamentales son:

- La cristalinidad de la fibra: los colorantes penetran en las fibras a través de las áreas amorfas y por lo tanto cuanto mayor es la cristalinidad, menor es la velocidad de difusión.
- El tamaño molecular del colorante: en colorantes con tamaño de molécula más grande se hace más difícil su difusión a través de las zonas amorfas.
- La fuerza del enlace colorante-fibra (afinidad): mientras más fuerte sea, más difícil será la difusión.
- Temperatura de teñido: el aumento de la temperatura facilita el rompimiento del enlace colorante-fibra y libera los enlaces intramoleculares de las fibras. Esto conduce a un hinchamiento de las mismas y hace la difusión más rápida, pero al mismo tiempo reduce la afinidad y por lo tanto el agotamiento del baño (fig. 42).

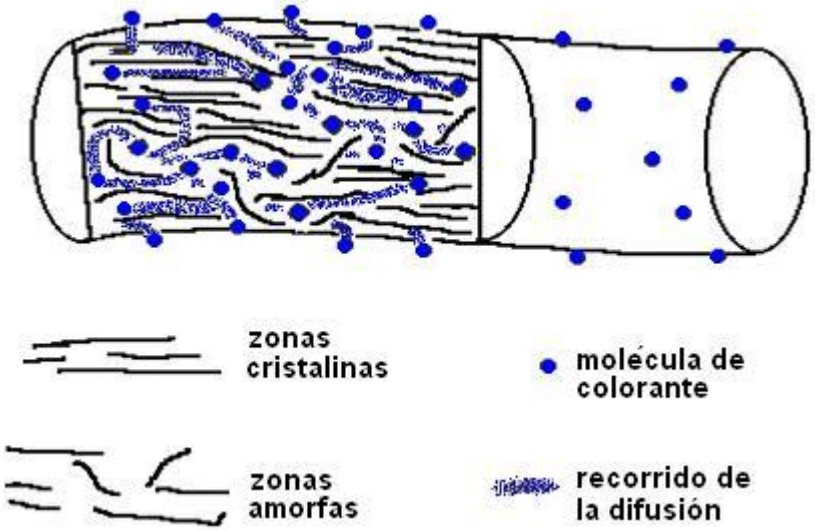


Fig. 42 Penetración del colorante y migración dentro de la fibra

Una concentración más alta acelera la difusión: la velocidad máxima de teñido puede obtenerse solamente manteniendo la superficie de la fibra saturada con colorante (manteniendo así el más alto grado de concentración posible), por medio de una velocidad de cambio adecuada del baño en la superficie de la fibra (condición hidrocinética).

La presencia de auxiliares que facilitan el hinchamiento de la fibra o el aumento de la concentración de colorante cerca de ella, tiende a aumentar la velocidad de difusión.

El tiempo debe ser adecuado para permitir la buena penetración de los colorantes, ya que éste es un requisito previo para el desarrollo de la máxima solidez (fig. 43).

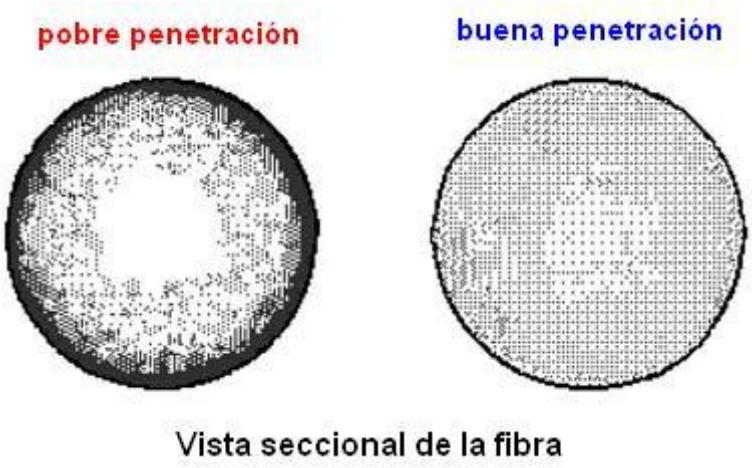


Fig. 43 Penetración del colorante

Cuarta fase (migración)

Las fases 2 y 3 se invierten en esta cuarta etapa de migración; el colorante debe difundirse hacia las capas externas de la fibra, y luego volver – siempre en solución – para migrar hacia las zonas donde haya una menor concentración, mejorando así la igualación del color.

La baja afinidad, la baja cristalinidad de la fibra, el tamaño molecular pequeño del colorante favorecerán esta fase, aunque afectan negativamente a la solidez del teñido y al agotamiento de baño. Por otro lado, una alta concentración de electrolitos facilitaría la agregación de los colorantes aniónicos, sobre todo en el núcleo de la fibra, donde el colorante está más concentrado, mejorando el agotamiento y reduciendo el fenómeno de la migración.

La migración se facilita por largos tiempos de permanencia a altas temperaturas (que conducen a mayores costos); un buen control de las etapas de adsorción y difusión, con una dispersión uniforme del colorante en cada momento del proceso de teñido, puede hacer que la etapa de migración sea superflua, con un alto costo posterior de eficiencia y calidad.

Para los colorantes dispersos, las variaciones térmicas considerables y la falta de agentes de disolución coloide protectores, pueden promover el crecimiento de los cristales de colorante que está en el material o precipitado, originando defectos de teñido y baja solidez al frote. Una agitación excesiva (bombeo) o un pH incorrecto pueden causar inestabilidad de la dispersión.

Los colorante aniónicos tienden a precipitar a pH demasiado bajos, y también en presencia de agua dura o cationes de gran tamaño; los colorantes catiónicos podrían precipitar en medio neutro o alcalino, y en presencia de aniones de gran tamaño.

GENERALIDADES SOBRE LOS PROCESOS POR AGOTAMIENTO

Cuando se trabaja en el sistema discontinuo o en el sistema semicontinuo (en la fase por agotamiento), se deben entender algunos conceptos que pasaremos a explicar:

CANTIDAD DE PRODUCTOS POR AÑADIR

Básicamente, en las recetas de tintorería, la cantidad de los productos que se agregan al agua para formar el baño está dada según:

A. El volumen de baño

Es la llamada concentración en gramos del producto por cada litro de baño (gramos/litro o g/l). Usualmente los productos químicos y los auxiliares intervienen en la receta de esta manera, donde el peso del producto depende directamente de los litros de baño, independientemente del peso del material.

$$Peso\ producto\ (g) = concentración\ del\ producto\ (g\ \ l) \cdot volumen\ del\ baño\ (l)$$

Por ejemplo para la siguiente receta:

- 2 g/l de producto A
- 0,5 g/l de producto B

Si se desea trabajar con un volumen de baño de 600 litros, entonces calculamos los pesos de los productos:

$$\text{Peso producto A} = 2\ \text{g}\ \ \text{l} \cdot 600\,\text{l}\ = 1200\,\text{g}$$

$$\text{Peso producto B} = 0{,}5\ \text{g}\ \ \text{l} \cdot 600\,\text{l}\ = 300\,\text{g}$$

Esta forma de determinar los pesos del producto se aplica también para el teñido a la continua, donde la concentración de los colorantes viene expresada en gramos por litro de baño.

B. El peso del material

Es un valor porcentual que indica la cantidad del producto sobre el peso del material (% spm), nos da la idea de cuántas unidades de peso del producto se requieren por 100 unidades de peso del sustrato. Usualmente los colorantes, los blanqueadores ópticos y las enzimas intervienen en la receta de esta manera, donde el peso del producto depende directamente del peso del material independientemente de los litros de baño.

$$Peso\ producto = \frac{\%\ spm \cdot Peso\ del\ sustrato}{100}$$

Por ejemplo para la siguiente receta:

- 1,3% de colorante A
- 0,8% de colorante B

Si se desea teñir 250 kilogramos de sustrato, entonces calculamos los pesos de los colorantes:

$$\text{Peso colorante A} = \frac{1{,}3\% \cdot 250\ \text{kg}}{100} = 3{,}25\ \text{kg}$$

$$\text{Peso colorante B} = \frac{0{,}8\%\ \cdot 250\ \text{kg}}{100} = 2\ \text{kg}$$

RELACIÓN DE BAÑO (R/B)

Viene a ser la relación entre el peso del material a procesar y el volumen de baño a usar. De forma práctica puede entenderse como los litros de baño necesarios para procesar un kilogramo de sustrato.

Por ejemplo, si en una máquina de tintura se tiñe una partida de hilo de 50 kilogramos y la relación de baño es 1/10, quiere decir que se necesitan 500 litros de baño de tintura.

Se entiende entonces, que a mayor R/B en una receta, mayor será el volumen de baño requerido. Esto significa que:

- El consumo de agua blanda aumenta.
- El consumo energético aumenta, dado que se requiere más energía (electricidad, vapor, diesel) para cambiar el estado térmico de un mayor volumen de baño.
- El peso de los productos cuya concentración está en gramos por litro de baño se incrementa directamente (aumentando el costo por insumos).
- Se incrementa la cantidad de efluentes (mayor volumen de aguas residuales, o sea mayor polución).

Como se deja entender, una relación de baño alta trae negativas consecuencias medioambientales y económicas, aunque también es cierto que trabajar con una relación de baño menor de la que fue diseñada para la máquina[7], ocasiona graves problemas de veteaduras y mala igualación. Es por esta razón que durante muchos años las máquinas de tintura empleaban relaciones de baño altas (1:20 hasta 1:50).

Por fortuna, gracias al avance de la tecnología, actualmente existen máquinas que pueden trabajan sin problemas con relaciones de baño bajas (1:6 hasta 1:4) o muy bajas (existe un fabricante que provee máquinas R/B 1:2).

La relación de baño debe de considerar el suficiente volumen para que las bombas trabajen sin problemas. Al calcular el volumen de baño, debe tenerse en cuenta las adiciones que se efectuarán durante el proceso.

Ejemplos:

A. Si cargamos la máquina con tela seca
   - Peso de tela: 300 kg
   - R/B: 1:10

   El volumen final será: 300 kg x 10 l/kg = 3000 l

   Además sabemos los volúmenes proyectados en las adiciones de:

   - Los auxiliares: 40 litros
   - La soda cáustica: 120 litros

   Entonces, el volumen de agua para llenar la máquina será: 3000 l – 160 l = 2840 l.

B. Si cargamos la máquina con tela húmeda
   - Peso de tela seca: 300 kg
   - R/B: 1:10
   - Retención de agua = 3 l/kg (= 300% de pick up)

   El volumen final será: 300 kg x 10 l/kg = 3000 litros

   El volumen de agua presente en la tela húmeda es: 300 kg x 3 l/kg = 900 l.

   Además sabemos los volúmenes proyectados en las adiciones de:

   - Los auxiliares: 40 litros
   - La soda cáustica: 120 litros

   Entonces, el volumen de agua para llenar la máquina será: 3000 l – 900 l – 160 l = 1940 l.

Ejercicio propuesto

Se tiene la siguiente receta de un teñido de poliéster:

- R/B 1/10
- 2 g/l de sulfato de amonio
- 0,5 g/l de dispersante
- 1 g/l de secuestrante
- 1,2% de colorante disperso amarillo
- 0,4% de colorante disperso rojo

Calcular los pesos para teñir una partida de 180 kilogramos de tejido.

[7] La relación de baño puede variar de acuerdo al artículo y a la máquina empleada, como se verá más adelante, cuando detallemos las máquinas empleadas en los procesos de tintura.

Respuesta:

3,6 kg de sulfato de amonio
0,9 kg de dispersante
1,8 kg de secuestrante
2,16 kg de colorante disperso amarillo
0,72 kg de colorante disperso rojo

TIEMPO DE ROTACIÓN[8]

Es el tiempo que demora la cuerda en dar una vuelta dentro de la máquina. En la práctica se realiza una marca en el tejido y se cronometra el lapso de tiempo hasta que vuelva a aparecer. Las máquinas modernas cuentan con sensores para detectar cada vez que un magneto – previamente cosido a la tela – pasa a través de ellos.

Con el dato del tiempo y la longitud de la cuerda se calcula la velocidad de la tela. Esta velocidad calculada debe ser similar a la que indica la máquina para el torniquete (o carrete). La velocidad del torniquete y la velocidad de la cuerda deben ser muy similares para asegurar que no se genere tensiones sobre el sustrato.

$$Velocidad\ de\ la\ cuerda\ \ m\ \ min\ = \frac{Longitud\ de\ cuerda\ (m)}{Tiempo\ por\ vuelta\ (\mathrm{min})}$$

Como dato adicional, es bueno indicar que la longitud de la cuerda puede calcularse fácilmente si conocemos el rendimiento del tejido[9], y el peso de la tela.

$$Longitud\ de\ la\ cuerda\ \ m\ = Rendimiento\ (m\ \ kg) \cdot Peso\ (kg)$$

Ejercicio: ¿Cuál será la velocidad de la cuerda de un género piqué, si tarda 76 segundos en dar una vuelta dentro de una máquina de teñido? Como dato se sabe que tiene un rendimiento de 3,92 y el peso de la tela es 88 kilogramos.

Solución

Primero determinamos la longitud de la cuerda

$$\mathrm{Longitud\ \ m\ = 3{,}92\ \ m\ \ kg \cdot 88\ kg = 344{,}96\ m \sim 345\ m}$$

Luego calculamos la velocidad del tejido dentro de la máquina.

$$\mathrm{Velocidad\ \ m\ \ min\ = \frac{345\ m}{1{,}267\ min} = 272{,}4}$$

CURVAS TEMPERATURA-TIEMPO

En general, los procesos por agotamiento deben ser ejecutados rigurosamente conforme las instrucciones del técnico de la tintorería. Muchas veces estas instrucciones vienen en forma de gráficos, donde en el eje de las abscisas se indican las unidades de tiempo, y en el de las ordenadas, la temperatura. Una línea continua (o un conjunto de ellas) muestra el proceso (o procesos) que se lleva a cabo.

Gracias a estos diagramas podemos observar:

- Un punto inicial del proceso (temperatura de inicio y tiempo 0)
- La velocidad de subida (o descenso) de la temperatura en un tiempo determinado (gradiente de subida o bajada).

[8] Solo para sistemas discontinuos para el teñido de tejidos en cuerda, donde por lo menos el sustrato está en movimiento.

9 En el libro IV. Tejeduría se explica cómo se determina el rendimiento de un tejido.

- El tiempo de permanencia en una temperatura dada.
- La adición de productos.
- Procesos complementarios.

Ejemplo: A continuación se simula un procedimiento para el teñido de un sustrato textil, y a continuación el gráfico de temperatura-tiempo de las operaciones (curva de teñido de la fig. 44).

Teñido

- El sustrato con agua a 40º C
- Añadir productos auxiliares, circular el baño durante 10 minutos
- Añadir los colorantes, circular por 10 minutos
- Subir a 80º C a 1,3º C/min
- Mantener por 10 minutos
- Añadir 1/3 de la sal
- Mantener por 10 minutos
- Añadir 1/3 de la sal
- Mantener por 10 minutos
- Añadir 1/3 de la sal
- Mantener por 30 minutos
- Añadir el álcali
- Mantener por 60 minutos
- Bajar a 60º C a 2º C/min
- Botar baño

Enjuague y neutralizado

- Enjuagar en frío por 10 minutos a rebose
- Botar baño
- Cargar agua
- Añadir ácido débil
- Circular por 20 minutos
- Botar baño
- Enjuagar
- Botar baño

Jabonado

- Cargar agua
- Añadir jabón
- Llevar a ebullición a 8º C/min
- Mantener por 10 minutos
- Botar baño
- Enjuagar en frío por 10 minutos

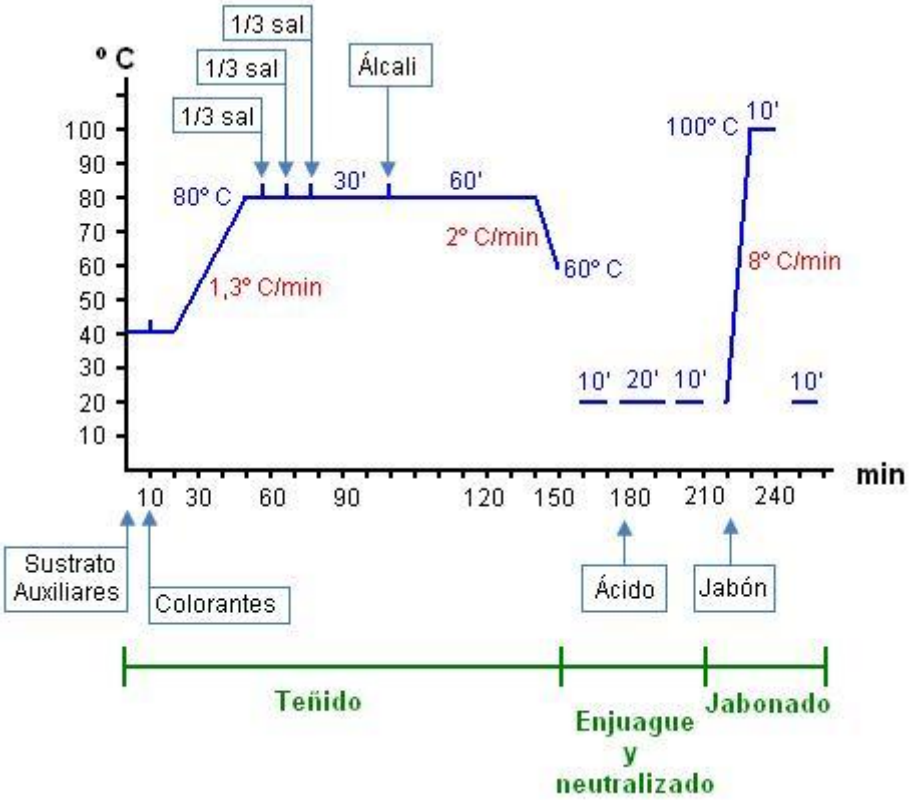


Fig. 44

TEÑIDO POR SISTEMA CONTINUO

GENERALIDADES SOBRE LOS PROCESOS POR AGOTAMIENTO

En el teñido por este sistema, la concentración de colorantes está dada en gramos por litro de baño, tal como se explicó en la página 37.

Adicionalmente, es importante conocer el siguiente concepto:

PORCENTAJE DE RETENCIÓN (PICK UP) DE UN TEJIDO

Nos indica cuántas unidades (de peso) de baño retienen 100 unidades (de peso) de un tejido seco luego de su impregnación y pase por los rodillos del foulard. Por ejemplo, si se tiene un tejido con 70% de pick up, quiere decir que 100 gramos de tejido seco retienen 70 gramos de baño, por lo que luego de su pase por el foulard, el peso del tejido húmedo es 170 gramos.

Es importante determinar el pick up, pues permite calcular la cantidad de baño necesaria para teñir un peso de tejido dado, asumiendo que el baño tiene una densidad de 1 g/cm^3, fácilmente se puede convertir las unidades de peso en unidades de volumen. Del ejemplo anterior, entonces podemos estimar que el tejido retendrá 170 cm^3 (= 170 mililitros) de baño.

El pick up de un tejido depende inversamente de la presión de exprimido en los rodillos del foulard:

- a mayor presión de exprimido, el pick up disminuye
- a menor presión de exprimido, el pick up aumenta

El volumen de baño requerido para teñir un tejido se determina mediante las ecuaciones:

$$Volumen\ del\ baño\ \ l\ = \frac{Peso\ del\ material\ \ kg\ \ \cdot \%\ pick\ up}{100}$$

$$Volumen\ del\ baño\ \ ml\ = \frac{Peso\ del\ material\ \ g\ \ \cdot \%\ pick\ up}{100}$$

Observación importante: Estas fórmulas nos dan el volumen de baño que arrastra (se lleva) el tejido, a este valor debemos adicionarle el volumen mínimo que tiene la tina o cubeta del foulard, ya sea éste de laboratorio o de planta. Recién la suma de ambos volúmenes viene a ser la cantidad de baño que debemos preparar para teñir (o también acabar) un tejido por foulardado.

Ejercicio

¿Cuántos kilogramos de colorante se requieren para teñir 3200 metros de tejido con un rendimiento de 4,46 si su pick up es 72%, la concentración del colorante en el baño es 13,5 g/l y la cubeta del foulard tiene un nivel mínimo de 40 litros?

Solución

Calculamos el peso del tejido

$$\text{Peso del tejido}\ \ \text{kg}\ = \frac{3200\ \text{m}}{4{,}46\ \ \text{m}\ \ \text{kg}} = 717{,}5$$

Calculamos el volumen de baño que será retenido por el tejido

$$\text{Volumen del baño}\ \ \text{l}\ = \frac{717{,}5\ \text{kg} \cdot 72\ \%}{100} = 516{,}6 \simeq 517$$

Calculamos el volumen total de baño requerido, considerando el nivel mínimo del foulard (este nivel mínimo es el que permanecerá en la tina y no será llevado por el tejido).

$$\text{Volumen del baño}\ \ \text{l}\ = 517 + 40 = 557$$

Por último, determinamos el peso del colorante

$$\text{Peso colorante} = 13{,}5\ \text{g}\ \ \text{l} \cdot 557\ \text{l} = 7519{,}5\ \text{g} = 7{,}5\ \text{kg}$$

Determinación del pick up de un tejido

Se efectúa el siguiente procedimiento:

- Acondicionar la muestra de tejido hasta alcanzar su equilibrio higrométrico.
- Pesar la muestra, el valor obtenido será el peso seco.
- Anotar los datos del tejido, la velocidad y la presión de los rodillos del foulard.
- Preparar una solución de agua y 2 g/l de humectante. Añadirla en la cubeta del foulard.
- Impregnar el tejido con la solución y pesarlo. Esto nos dará el peso húmedo.
- Calcular el pick up empleando la fórmula:

$$\%\ pick\ up = \frac{peso\ húmedo - peso\ \text{seco}}{peso\ \text{seco}} \cdot 100$$

Ejemplo

Se tienen los siguientes resultados luego de una prueba de pick up para un tejido:

- Peso seco : 180 g
- Peso húmedo : 297 g

El porcentaje de retención será:

$$\text{pick up } \% = \frac{297\text{ g} - 180\text{ g}}{180\text{ g}} \cdot 100 = 65$$

DEFECTOS DE UN MAL TEÑIDO

- **Mala igualación**

  En teñido en bobinas de hilos aparecen aureolas, debido a la distribución no homogénea del colorante en las diferentes capas.

  En los tejidos se aprecia como diferencias de tonalidad a lo ancho (derecha, centro e izquierda), a lo largo (efecto cabeza-cola) e incluso entre la cara y el revés. Algunas veces recibe el nombre de *degradé*.

- **Variación de tono de lote a lote**
- **Deficiente reproducibilidad laboratorio-planta**
- **Manchas (de colorante o por espuma)**
- **Quebraduras**
- **Raspaduras o mordeduras**

  Ocurren debido a la excesiva abrasión de la tela por los elementos de la máquina.

- **Veteados**

  Se aprecian en los tejidos, es la mala igualación muy marcada, se muestran como manchas de diverso tamaño sobre la superficie del material.

- **Bajas solideces**
- **Sublimación**

  Aparece en el teñido con colorantes dispersos cuando se somete el sustrato (ya teñido y secado) a altas temperaturas, parte del colorante se sublima, es decir, pasa al estado gaseoso, alterando las propiedades del color y manchando las partes internas de la rama.

- **Falta de matching**

  Es diferencia de color entre el tejido destinado para el cuerpo de una prenda, y los tejidos que actuarán como complementos (cuellos, puños, twilles, cierres). Ocurre porque cada sustrato tiene sus propias características de reflectancia de la luz, por ello muestran atributos de color distintos.

MAQUINARIA

El aspecto más importante a considerar es la uniformidad de la distribución del colorante (o de otros productos químicos) que la máquina debe asegurar en el menor tiempo posible. Generalmente, los sistemas que permiten una distribución homogénea del colorante también permiten una buena remoción de la suciedad, y un contacto parejo de los productos de blanqueo con el material, por lo tanto lo referido acerca del teñido, en la mayoría de los casos también puede aplicarse a la preparación y a los tratamientos de ennoblecimiento que requieren la aplicación de productos químicos.

Las máquinas utilizadas para los procesos de preparación y el teñido se pueden clasificar de acuerdo a:

El sustrato a procesar

- Máquinas para la tintura de fibras, cintas e hilos (en madejas, bobinas o plegadores).
- Máquinas para la tintura de tejidos (ya sea de calada o de punto) en cuerda (no se extiende el ancho).
- Máquinas de teñido para tejidos abiertos (la tela se abre a lo ancho y se aplana).
- Máquinas para teñir prendas confeccionadas.

El método de procesamiento

La elección del método a aplicarse depende de la cantidad de material que debe trabajarse y el tipo de proceso de acabado.

- Sistemas discontinuos (batch).
- Sistemas semicontinuos.
- Sistemas continuos.

El principio de funcionamiento

El sistema que se elige depende del tipo de sustrato, así como del tratamiento a realizar.

- Sistemas de circulación de baño.
- Sistemas de material en movimiento.
- Sistemas donde tanto el material y el baño están movimiento.

Las condiciones de proceso

La elección depende del tipo de material (sustrato) y el proceso a llevarse a cabo.

- Sistemas que pueden trabajar a presión con elevadas temperaturas (autoclaves HT)
- Sistemas abiertos, o sistemas que se realizan en una temperatura máxima de 100º C.

En las siguientes páginas se realiza una breve descripción de acuerdo a la primera clasificación, y más adelante se detallan las máquinas.

Máquinas para la tintura de fibras, cintas e hilos (Observaciones generales)

Se utilizan para el teñido de fibras discontinuas (y también para otros tratamientos tales como blanqueo, lavado o acabado) y con más frecuencia para el teñido de hilos en diferentes presentaciones (bobinas, quesos, etc.). Con el uso de contenedores modulares e intercambiables es posible teñir utilizando contenedores de diferentes diámetros. Estas máquinas están equipadas con

sistemas automatizados, tales como dispositivos de carga y descarga automática, centrifugado y secado.

Máquinas para la tintura de tejidos en cuerda (Observaciones generales)

Estas máquinas procesan el tejido alimentado y conducido a lo largo para formar una cuerda. El efecto hidrodinámico se obtiene por medio del movimiento de la cuerda de tela, o por medio del movimiento simultáneo de la cuerda y baño de tintura, lo que garantiza un contacto homogéneo del material con el baño y un rápido intercambio de la solución de teñido dispersa en el material.

Las máquinas que funcionan con este principio son adecuadas para tratar casi todos los tejidos compuestos de fibras extremadamente diferentes, telas de calada o de punto, durante las etapas de preparación y teñido, sólo algunos problemas ocurren al trabajar telas de calada ligeras.

Durante el tratamiento los tejidos no sufren tensiones horizontales (en sentido de la trama). Las adecuadas condiciones de funcionamiento y ajustes técnicos también reducen al mínimo las tensiones longitudinales (sentido de la urdimbre), y continuamente se mueven los pliegues de la cuerda.

Una ventaja incuestionable obtenida con estas máquinas es la mano extremadamente suave y esponjosa, particularmente adecuada a los tejidos para prendas de vestir.

Los posibles problemas están relacionados a la formación de pliegues permanentes en la tela, que pueden ocasionar tonos desiguales de teñido; para telas fabricadas con fibras discontinuas muy delicadas o cortas, las tensiones mecánicas pueden provocar la pérdida o remoción de pilosidad sobre la superficie.

Máquinas de teñido para tejidos abiertos (Observaciones generales)

Estos sistemas se utilizan para teñir tejidos de anchos abiertos y extendidos. Pueden también ser usados para llevar a cabo tratamientos de pre-teñido (por ejemplo blanqueo, mercerizado) y de ennoblecimiento.

Entre las máquinas utilizadas para tratamientos de ancho abierto cabe señalar las mercerizadoras, jiggers, foulard, teñidoras en plegador, sistemas continuos de lavado, ramas.

Máquinas para teñir prendas confeccionadas (Observaciones generales)

Pertenecen a los sistemas discontinuos; las máquinas más modernas están equipadas con sistemas rotatorios, donde se aplican bajas relaciones de baño, y el material se carga en una canastilla perforada, que gira a velocidad variable. Una vez que el proceso de tintura se ha completado, el sistema elimina el baño excedente de la tela mediante una centrifugación previa a la descarga.

PROCESOS DISCONTINUOS

MÁQUINA AUTOCLAVE

Estas máquinas se utilizan para el teñido de fibras e hilos en diferentes presentaciones (bobinas, quesos, plegadores, etc.). Se componen esencialmente de:

- Autoclaves verticales u horizontales, de acero inoxidable, donde se colocan los portamateriales intercambiables para el teñido del sustrato en sus diferentes etapas de procesamiento (canastas para fibras, portabobinas, portaquesos, rollos de tela, etc.).
- Bomba de circulación de baño (con sistema inversor de flujo).
- Tanque auxiliar, desde donde los colorantes y auxiliares necesarios se añaden sin detener el ciclo de funcionamiento.

- Bomba de presión estática (que puede introducir baño cualquiera que sea la temperatura de funcionamiento).
- Tomamuestras de baño
- Panel de control para ciclos de teñido parcial o totalmente automatizados.

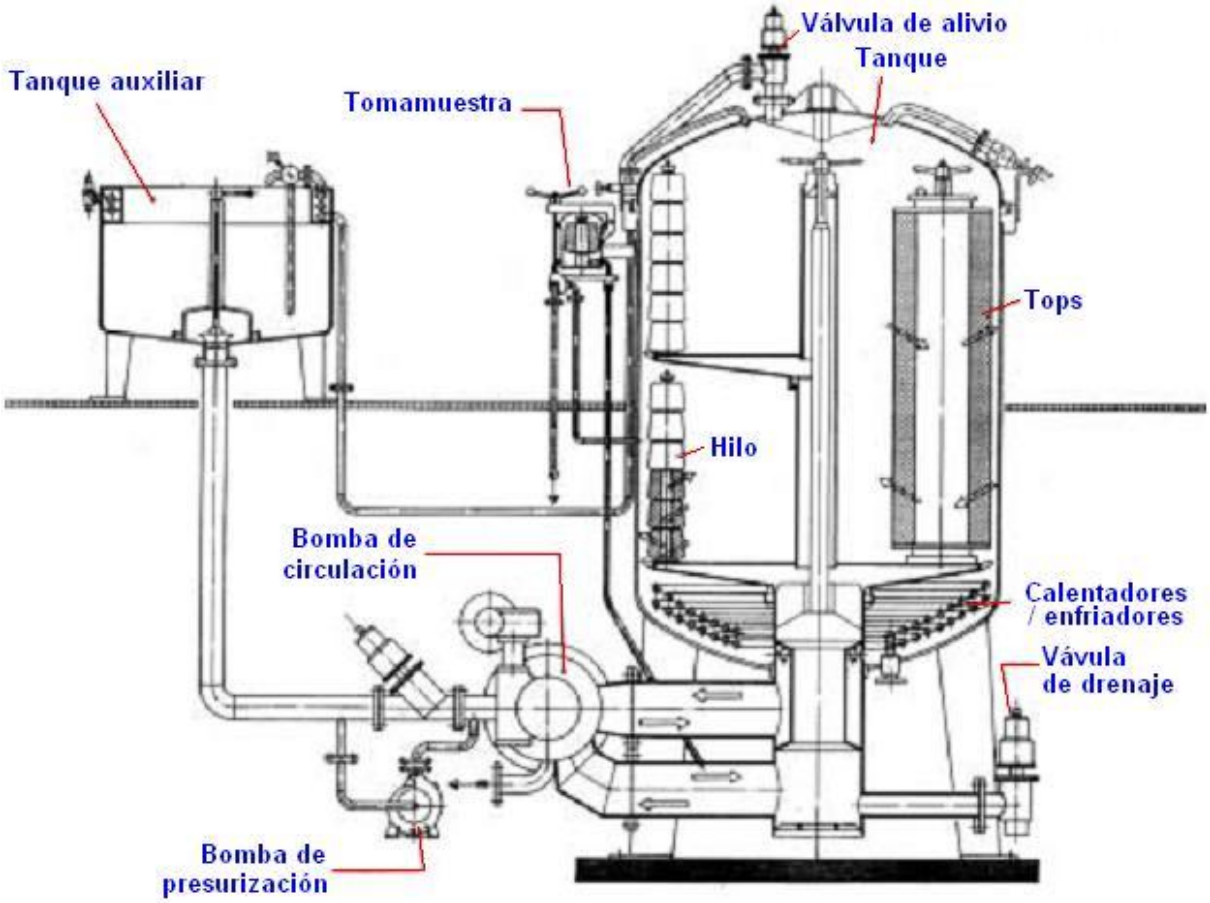


Fig. 45 Vista seccional de una autoclave vertical

Todos los fabricantes pueden ahora suministrar estas máquinas equipadas con un microprocesador o un sistema PLC para controlar y configurar todas las funciones de operación (llenado, agotamiento, subida de temperatura, enfriamiento, tiempo de permanencia, dosificación, etc.) de todo el ciclo productivo y, en casos específicos, para ajustar el caudal de la bomba de acuerdo con los parámetros preestablecidos.

Algunas autoclaves están equipadas con un sistema de presurización de aire, que ofrece la posibilidad de reducir la relación de baño y el consumo de energía, cuando la máquina está funcionando con una fracción de su capacidad máxima, el intercambiador de calor y la bomba de circulación están completamente sumergidos en el baño, mientras que el espacio libre está lleno de aire comprimido.

Los sistemas equipados con reductores de volumen se utilizan para satisfacer la creciente demanda de máquinas en las que las partidas con diferentes pesos pueden ser trabajadas, manteniendo así la relación de baño nominal.

Fig. 46 Autoclave horizontal para teñido de hilos en bobinas

Fig. 47 Autoclave vertical para teñido de hilos en bobinas

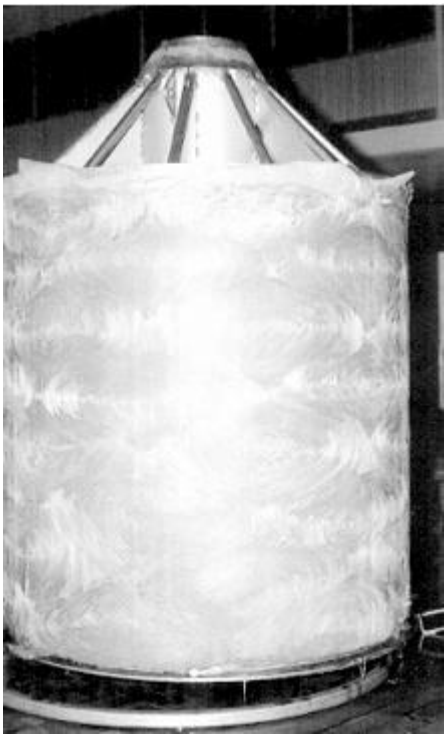


Fig. 48 Portamaterial para el teñido de fibras

En todas estas autoclaves, el baño de tintura se mantiene circulando por medio de bombas centrífugas o helicoidales: estas bombas deben mantener la solución circulando a través del sustrato, de modo que la superficie de la fibra esté saturada con el colorante. Para ello, el líquido debe superar

todas las fuerzas de resistencia generadas por las tuberías y por el material (caída de presión) e invertir su dirección de circulación en diferentes momentos para obtener un color uniforme, en casos específicos, la velocidad del impulsor de la bomba se puede ajustar por medio de inversores (convertidores de frecuencia) que ajustan el flujo del baño a través de la masa de fibras.

Estas máquinas pueden operar a una presión máxima de funcionamiento de 5-6 bar, y son presurizadas por medio de una bomba o de un colchón de aire comprimido; son adecuadas para el tratamiento de las fibras sintéticas hasta a una temperatura de funcionamiento de 145º C. La relación del baño promedio es de aproximadamente 1:10.

En la figura 49 se muestran varias configuraciones de portamateriales hechas de dos niveles superpuestos, que se pueden separar para facilitar la carga y descarga. De hecho estas máquinas, además de paquetes, quesos, tops, etc., que se pueden cargar en un solo nivel, pueden cargar plegadores con tejido, también permiten dividir la capacidad de carga en dos (véase dibujos de los diferentes portamateriales), aumentando así su flexibilidad.

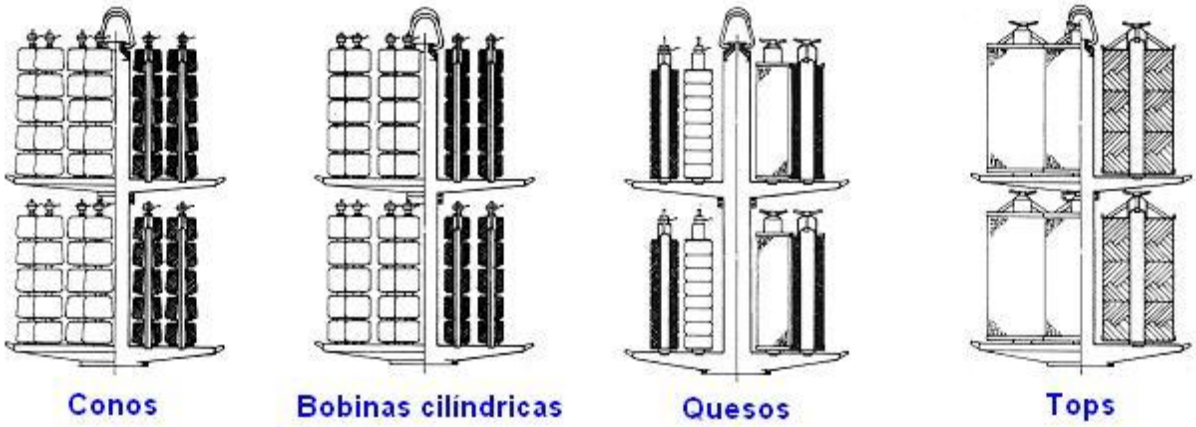


Fig. 49 Diferentes configuraciones del portamaterial para el teñido en autoclaves

MÁQUINA TEÑIDORA DE HILO EN MADEJAS

Se compone de una cuba (tina) en forma de paralelepípedo dividida en compartimentos perpendiculares. Las madejas se disponen en soportes especiales, que pueden ser aseguradas en ranuras especiales dentro de la máquina; el baño circula en ambas direcciones (flujo hacia arriba y hacia abajo) y la masa de hilados hace sólo una resistencia moderada, ya que no es muy apretada.

La máquina funciona con relaciones de baño reducido y el líquido se mantiene circulando por medio de grandes bombas de flujo axial (adecuado para hilos delicados). La inversión de flujo de la solución se obtiene invirtiendo la dirección de rotación del motor, el baño se calienta generalmente por medio de serpentines montados dentro de la máquina o por medio de intercambiadores de calor. La madeja teñidora también puede funcionar a presión a una temperatura máxima de 110º C y a presiones de 0,5 kg/cm^2. Si la presurización se obtiene por medio de un colchón de aire, es común emplear una tanque auxiliar para la dosificación.

Como resultado, el baño puede mantenerse a una temperatura constante, reduciendo los consumos de energía, vapor y agua de refrigeración.

El único aspecto negativo es la necesidad de cargar y descargar la máquina cada vez que se utiliza. También se puede utilizarse para el lavado y los tratamientos de blanqueo.

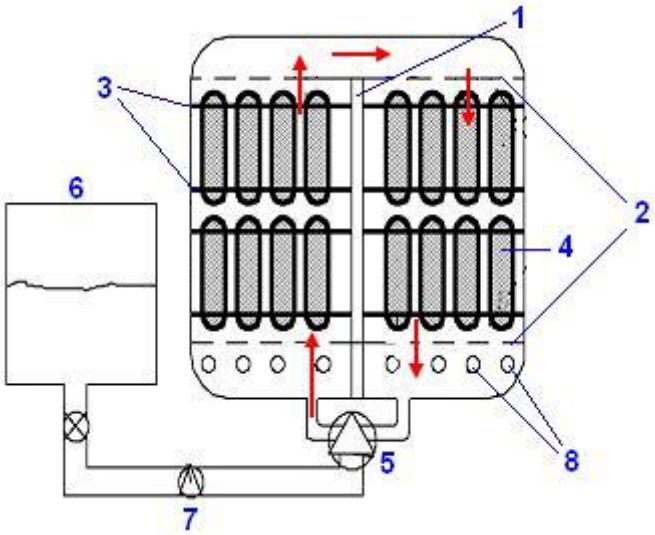


Fig. 50 Esquema de una teñidora de madejas. (1) Divisor central (2) Separadores perforados (3) Soportes perforados (4) Madejas (5) Bomba de circulación (6) Tanque auxiliar (7) Bomba auxiliar (8) Serpentines

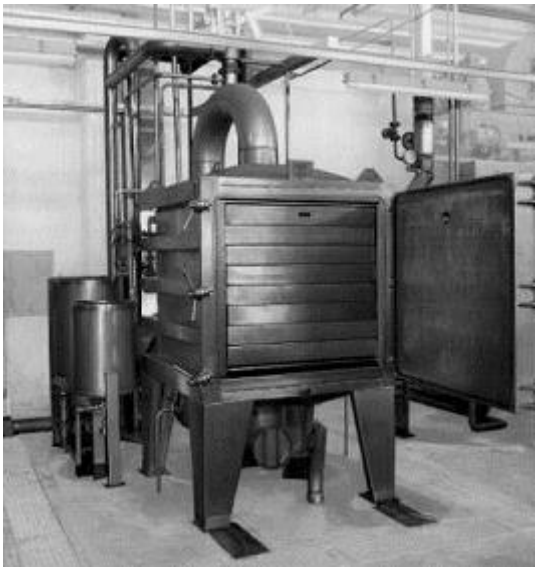


Fig. 51 Máquina teñidora de madejas de hilo

BARCA DE TORNIQUETE

Esta es una máquina de teñido bastante antigua para tejidos en forma de cuerda con baño estacionario y material en movimiento. Funciona a una temperatura máxima de 95-98º C. La relación de baño en general es bastante alta (1:20 – 01:40).

El sistema incluye una batea con una inclinación frontal (actuando como tobogán para la cuerda plegada, mientras que su lado posterior es vertical. Un compartimento con separación perforada, colocada a una distancia de 15-30 cm de su lado vertical, crea un espacio intermedio para la calefacción y para la adición de productos.

El calentamiento puede ser con vapor directo o indirecto.

El movimiento de la tela es impulsado por un cabrestante circular elíptica (torniquete) revestido con una manta especial para evitar que la tela se deslice durante la operación de tintura, con posibles arañazos posteriores.

La cuerda que se va a teñir a continuación pasa a través de un bastidor sobre el divisor vertical perforado, que asegura la separación de los varios pliegues de la cuerda y evita posibles enredos; la cuerda se transfiere a un cilindro, que guía a la tela durante su levantamiento de la tina y lleva a cabo un ligero exprimido sobre ella. Obviamente, cuando el tejido se carga en la máquina, es necesario coser la cola con la cabeza de la cuerda.

La velocidad de movimiento máximo de la tela debe ser de aproximadamente 40 m/min, ya que mayores velocidades podrían causar pilosidad; un estiramiento excesivo durante la etapa de elevación podría causar deformaciones, mientras altas velocidades de circulación pueden ocasionar excesivo batanado del tejido, con enredos posteriores. La tela no debe permanecer plegada estacionaria dentro de la batea por más de 2 minutos para evitar posibles defectos o arrugas, por lo que la cuerda debe ser relativamente corta.

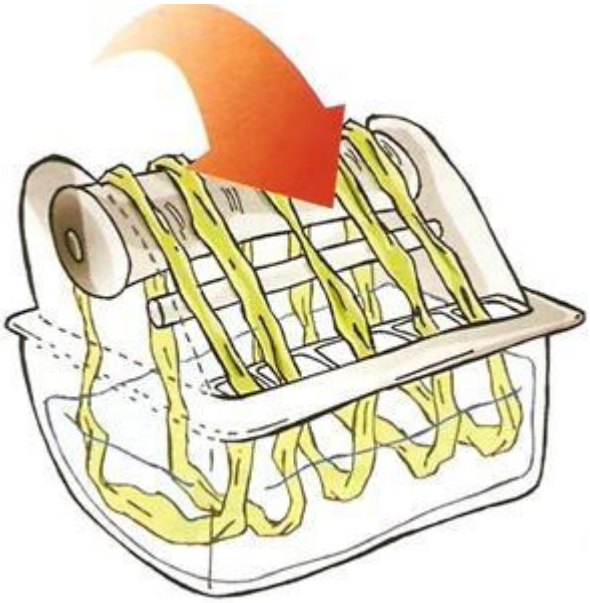


Fig. 52 Movimiento de la cuerda en una barca de torniquete

Este método de teñido es adecuado para todos los tejidos, excepto aquellos que tienden a originar pliegues permanentes o que podrían fácilmente distorsionarse bajo la acción tirante del torniquete.

Esta máquina se utiliza preferiblemente para pre-tratamientos de teñido (descrude, lavado, blanqueo) donde la alta relación de baño asegura excelentes resultados. Este sistema presenta un alto consumo energético, el uso extensivo de auxiliares, colorantes y agua, lo que conduce a altos costos de operación y, además, un control inexacto de temperatura (el baño no se mueve y el sistema de calefacción se monta sólo en un extremo) y la limitada libertad de los pliegues de la cuerda podría afectar negativamente los resultados de teñido.

Este es uno de los más antiguos sistemas que se utilizan para los tratamientos de acabado, pero se demuestra que es todavía extremadamente funcional gracias a su flexibilidad, sobre todo para descrudes y blanqueos llevados a cabo en pequeños lotes. También se puede utilizar para llevar a cabo procesos continuos de lavado: el tejido se carga desde un lado (lado A, fig. 53), es conducido a través de la máquina con un movimiento en espiral (por medio de la rejilla) y después descargado desde el lado opuesto (lado B).

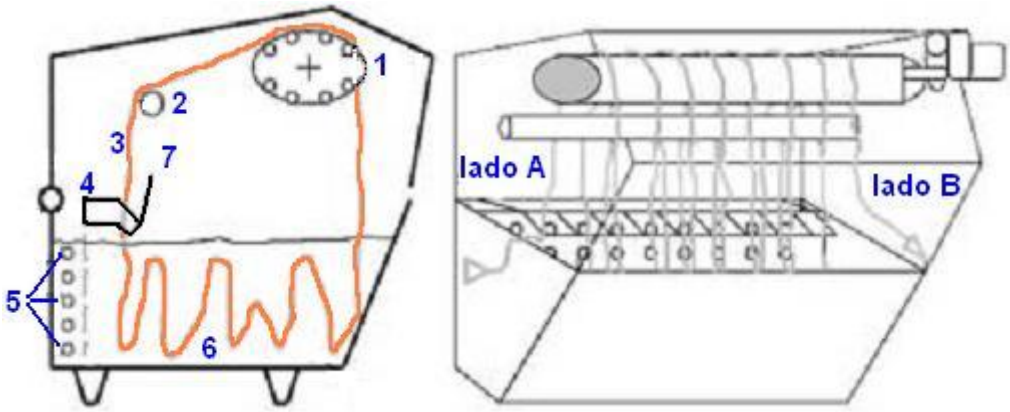


Fig. 53 Esquema de una barca (1) Torniquete (2) Cilindro guía (3) Cuerda (4) Separador perforado (5) Calentadores (6) Baño (7) Bastidor

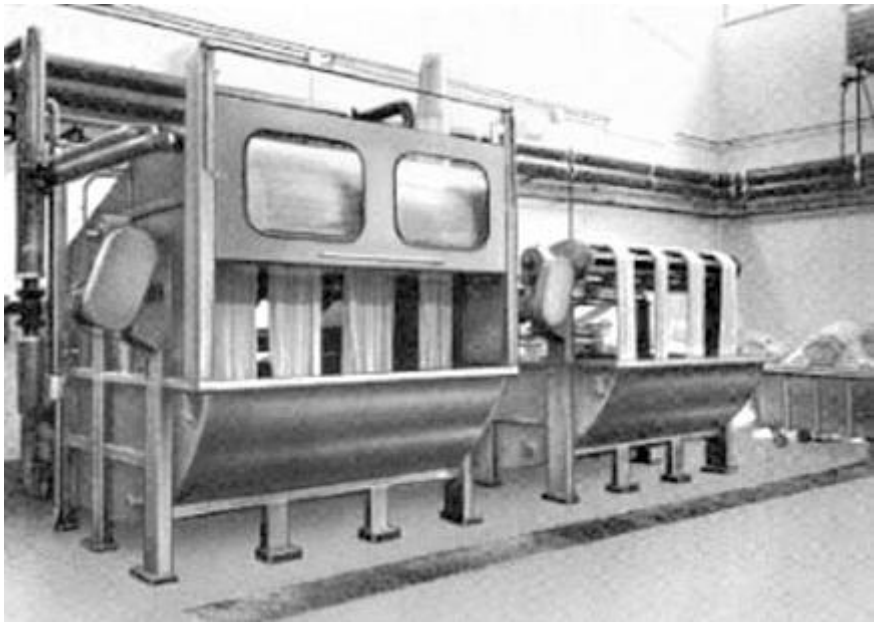


Fig. 54 Barca de torniquete

MÁQUINA JET

Estas máquinas, donde tanto el baño y el material están en movimiento, se utilizan para la preparación y el teñido en cuerda; el tejido es arrastrado y conducido a través de la máquina sólo por la fuerza de un flujo. Funcionan con temperaturas altas (gamas de temperatura máxima entre 135 y 140º C), con una relación de baño muy limitada (1:5 – 1:15).

Podemos dividir estas máquinas en dos categorías: máquinas parcialmente llenas de baño (para tejidos de fibras sintéticas) y máquinas completamente llenas de baño (para telas más delicadas).

Actualmente la tendencia se dirige hacia la producción de máquinas con un trato más delicado al tejido, que suma a la unidad hidráulica una conducción mecánica, llevada a cabo mediante un carrete de gran tamaño, haciéndolo más flexible y adecuado para el tratamiento de una gama más amplia de telas.

Jet de inmersión parcial

La parte externa de la máquina se compone de una autoclave, generalmente horizontal y de forma cilíndrica, con una torreta en un lado, provista de una puerta de acceso y una ventana; la tobera del jet desde donde empieza un tubo, se monta generalmente en el interior de la torreta. El tubo pasa por encima (o debajo, dependiendo del modelo) de la autoclave y finaliza en el lado opuesto inferior, asegurando así una conexión continua.

La cuerda de tela se mueve lentamente en el interior de una cubeta especial de la autoclave, parcialmente sumergida en el baño, hasta llegar al compartimiento de elevación (la torreta). Dentro de la torreta la cuerda se levanta y es tomada por un cilindro conductor (carrete) e ingresa en la tobera. La cuerda se mueve a lo largo del tubo de retorno y se envía de nuevo (plegada) al lado opuesto de la tina para comenzar nuevamente el ciclo.

El baño circula por medio de una bomba centrífuga o de una bomba axial multi etapa, pasa a través de un intercambiador de calor antes de ser enviado a la tobera.

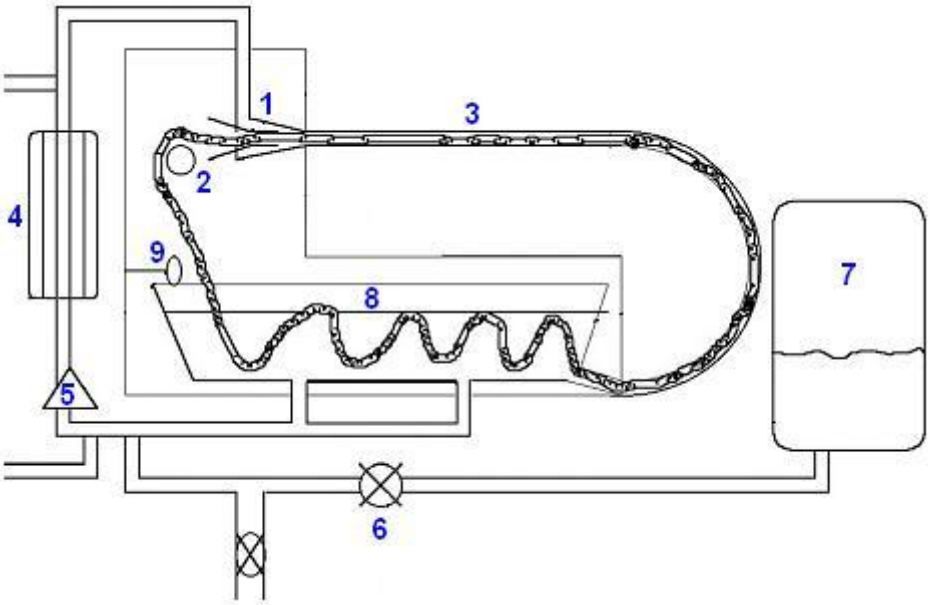


Fig. 55 Diagrama de un jet con inmersión parcial (1) Tobera (2) Cilindro guía (3) Tubo de transporte (4) Intercambiador de calor (5) Bomba de circulación del baño (6) Bomba auxiliar (7) Tina de adición (8) Batea con tejido (9) Sensor magnético

La parte externa del sistema de conducción hidráulica aplica el principio Venturi está formada por un embudo externo (boquilla) para el paso de tejido de forma coaxial con el mismo; el baño, forzado a través del embudo con una presión específica, es acelerado progresivamente en la sección más pequeña del embudo (diámetros A y B en la figura 56), hasta alcanzar velocidades muy altas (500-1400 m/min, dependiendo del flujo y de los diámetros). El flujo del baño está fuertemente dirigido hacia el tejido en el interior del tubo de transporte. La fricción generada por el rápido flujo entre el baño de colorante y la cuerda hace que tejido flote a través del tubo; al mismo tiempo, el poderoso movimiento del flujo facilita la eliminación de arrugas en la cuerda.

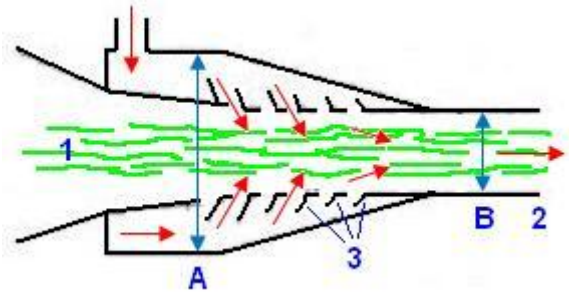


Fig. 56 Detalle de una tobera (1) Tejido (2) Tubo de transporte (3) Aletas

La velocidad de circulación del tejido se puede ajustar: en máquinas más antiguas, un by-pass provisto de una válvula ajustable controla el flujo del baño a la tobera y en consecuencia, la velocidad de transporte de la tela; en modelos más recientes este ajuste se realiza mediante bombas de caudal variable con inversores y/o boquillas ajustables.

En general, el baño debe ser recirculado al menos cada 30-60 segundos: en cada recirculación el baño pasa a través del intercambiador de calor, realizando así un buen control de la temperatura tanto para la calefacción o el enfriamiento rápido, permitiendo un teñido rápido y uniforme. La cuerda de tela debe realizar un ciclo completo cada 1-2 minutos (para evitar las arrugas debido a los tiempos excesivos dentro de la tina).

El tipo y tamaño de tobera determinan el rango del peso de los tejidos a tratar. Algunas máquinas son particularmente adecuadas para tejidos ligeros, medianos o pesados, mientras que otras pueden procesar tejidos de diferentes pesos mediante la sustitución o el ajuste de la boquilla.

Las condiciones de funcionamiento de este tipo de máquina aseguran una distribución rápida y uniforme del colorante (o de otros productos químicos) en el tejido y por lo tanto cortos tiempos de proceso, como la cuerda se mueve a lo largo del tubo a velocidades muy altas (hasta 400-600 m/min), los tejidos delicados y de fibras cortas pueden ser afectados negativamente por arañazos o formación de vellosidad en su superficie. La gran diferencia de velocidad entre el baño y la cuerda que fluye dentro del tubo, así como la elevación de la tela desde el tanque de recogida puede causar posibles distorsiones de tejidos elásticos.

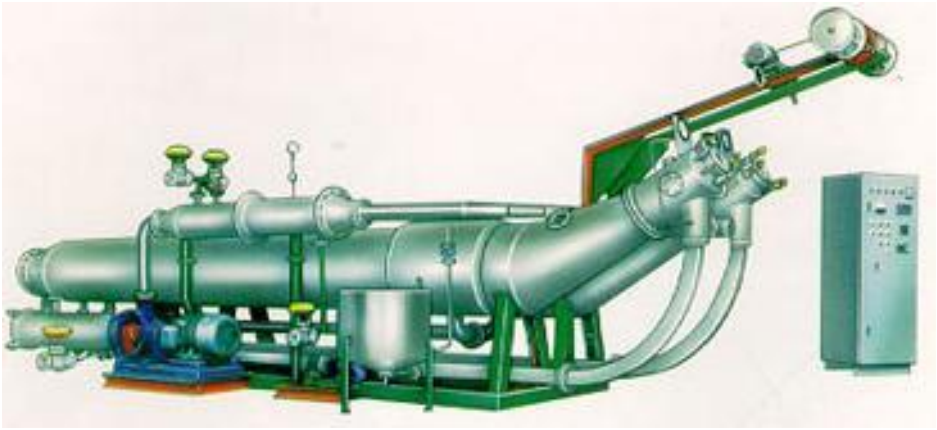


Fig. 57 Jet de dos tanques tipo cigarro

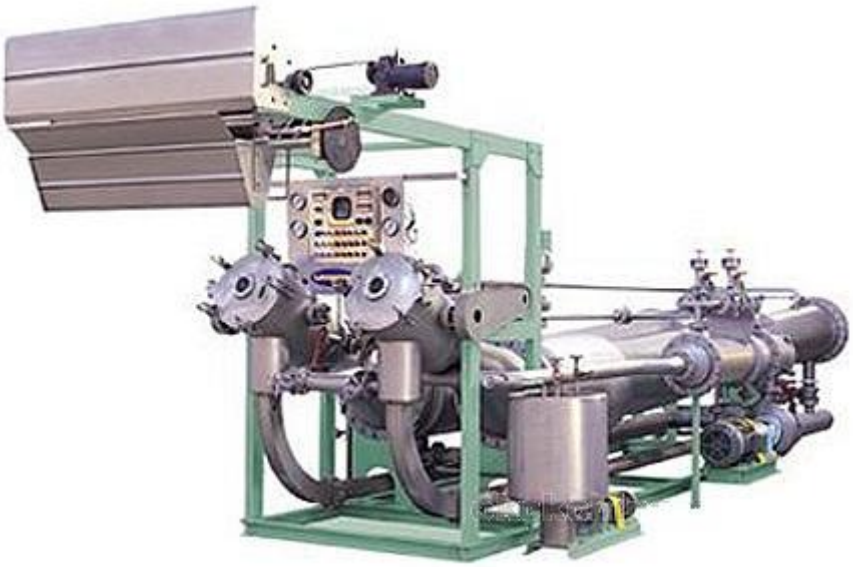


Fig. 58 Jet de dos tanques tipo cigarro

Jet de inmersión total

Su forma puede variar dependiendo del fabricante; la puerta de acceso está generalmente colocada en la parte superior de la máquina, cerca de la tobera, que está siempre sumergida, así como el tejido procesado.

El principio de transporte de la cuerda es similar al principio de los sistemas de boquilla externa, pero en este sistema el flujo dirigido sobre la cuerda en el tubo Venturi (boquilla o tobera) es más delicado, evitando tensiones excesivas, estirados durante su ascensión y fricciones con piezas metálicas. También las velocidades máximas de circulación de tela son limitados (200 a 230 m/min.) si se

compara con los sistemas jet de inmersión parcial. Como resultado, es posible tratar telas delicadas, más propensas al pilling o la formación de vellosidad en su superficie.

En realidad, estas máquinas han estado trabajando en las fábricas durante años, pero trabajaban con relaciones de baño altas (1:15 – 1:25) y altos costos que se derivan del enorme consumo de energía (calentamiento, demanda máxima para las bombas), agua, productos químicos y del tratamiento de efluentes; además de tiempos de proceso largos (menor número de ciclos por minuto).

Actualmente se disponen en el mercado máquinas con relaciones de baño menores (1:10 y 1:12) que permiten el procesamiento de artículos de lana o tejidos de mezcla, con tiempos de proceso cortos y bajos costos.

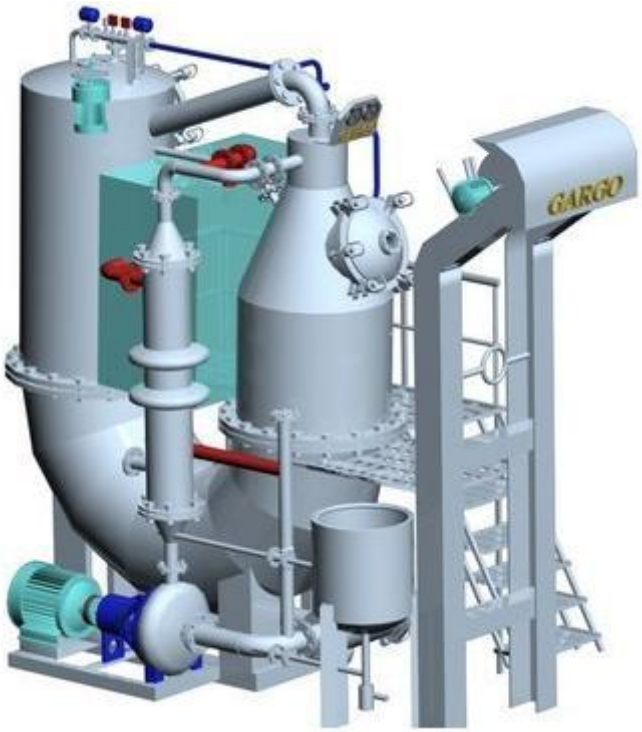


Fig. 59 Jet de tanque en U

Fig. 60 Jet de tanque en U

MÁQUINA OVER-FLOW

Esta máquina de teñido se utiliza para el pre-tratamiento y teñido de tejidos en cuerda, tanto el baño y el material están en movimiento (fig. 61), la arquitectura, el diseño del sistema y las relaciones de baño son similares a las de las máquinas Jet.

La principal diferencia es el sistema de transporte del tejido, impulsado en parte por un carrete motorizado, y en parte por el flujo secuencial del baño. El sistema de chorro de tobera se sustituye por un recipiente que contiene el líquido, éste entra en un tubo recto y fluye a través del canal de transporte junto con la cuerda. Durante esta etapa, el tejido es sometido a fuerzas ligeras de tracción y pequeñas fuerzas de fricción, debido a la aceleración progresiva causada por la caída del baño y de velocidad limitada en un lado, y por el alto flujo de baño y el gran tamaño del tubo de transporte por el otro. Esta máquina es adecuada para tejidos delicados, siempre que no sean sensibles a las arrugas.

La velocidad de transporte de la tela es ajustada por la velocidad del carrete y el flujo de agua que la bomba fuerza dentro del tubo de transporte (60 a 250 m/min).

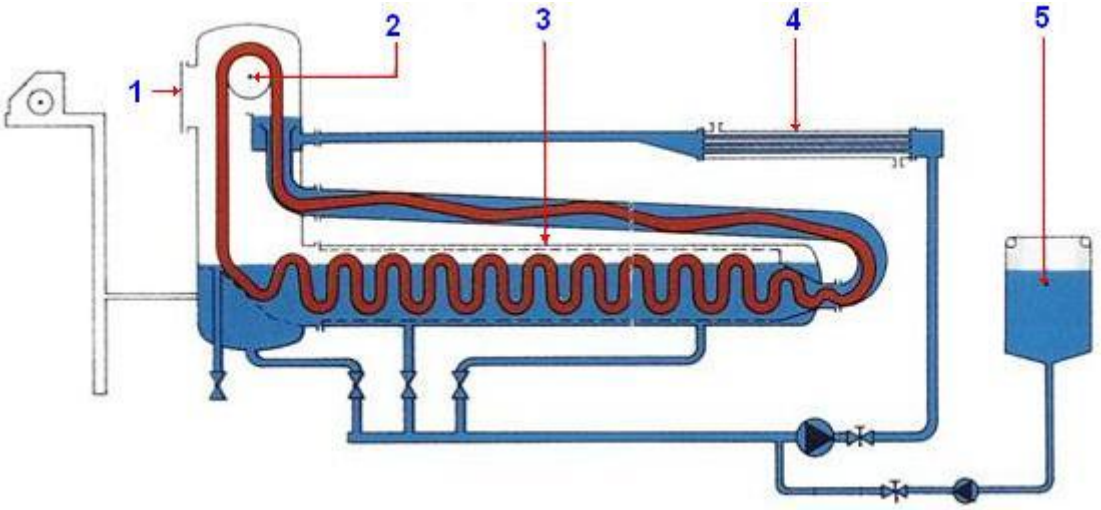


Fig. 61 Esquema de una máquina over-flow. (1) Ventana (2) Carrete (3) Tina (4) Intercambiador de calor (5) Tanque auxiliar

Los constructores de sistemas over-flow suministran máquinas de alta temperatura (130 a 140º C), especialmente aptas para el procesamiento de fibras sintéticas y sus mezclas, y máquinas que funcionan a presión atmosférica, especialmente indicadas para el tratamiento de fibras naturales (estas máquinas generalmente alcanzan temperaturas de 98 a 108º C y se presurizan ligeramente para evitar la cavitación en las bombas de circulación cuando se trabaja con temperaturas cercanas a 100º C).

Actualmente, diferentes tipos de jets y over-flows están disponibles y se han diseñado dispositivos especiales para que sean aún más versátiles y adecuados para satisfacer las necesidades en constante cambio de los clientes.

Las soluciones más interesantes son:

- Sistema flow-jet: Para el movimiento de la tela estas máquinas aplican un sistema basado en el principio Venturi y un carrete motorizado (fig. 63).
- Sistema Jet con boquilla ajustable para permitir un cambio en el transporte de la cuerda (cuando la tobera se cierra, el efecto jet es muy potente mientras que cuando se abre la máquina trabaja con la técnica over-flow) (fig.62).

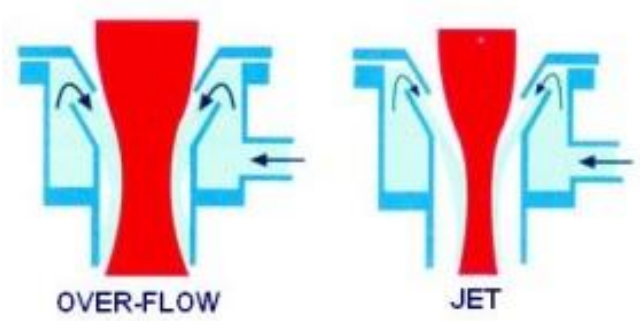


Fig. 62 Tobera ajustable para trabajar en modo over-flow o jet.

- Máquinas verticales donde se eleva el tejido a 1-1,5 m desde el nivel del baño, con una cierta tensión (estas máquinas aseguran altas velocidades de transporte, adecuados para telas de filamentos y fibras sintéticas) (figura 63-A, 63-B y 63-D).
- Máquinas horizontales, donde el tejido es ligeramente levantado del nivel de baño, con las consiguientes bajas fuerzas de tracción y velocidades de transporte (adecuadas para tejidos delicados) (figura 63-C).
- Máquinas con tubos de transporte largos (fig. 63-B y 63-C) o cortos (fig. 63-A y 63-D) o con tubos de formas variadas para adaptarse mejor a los diferentes tipos de tejido.
- Máquinas con cubas inclinadas o recubiertas de Teflón para mejorar el deslizamiento de la tela plegada y reducir los problemas de fibrilación, abrasión y/o pilosidad (fig. 63-C).
- Tubos de transporte ligeramente inclinados hacia arriba para reducir la fricción de la cuerda con las superficies de metal (el tejido se desplaza siempre sumergido en el líquido) (fig. 63-C).
- Soplo de aire en la tobera o en el flujo para mejorar el desplazamiento de los pliegues de la cuerda.
- Chorros de aire bajo el carrete para reducir posibles abrasiones en el tejido.
- Ligera extracción del baño de la cuerda en la última parte del tubo de transporte, para reducir la velocidad de la tela al ingresar en el tanque colector, evitando así un plegado irregular y enredos (fig. 63-C).
- Sistema hidráulico para un plegado uniforme y sin enredos del tejido (fig. 63-D).
- Posibilidad de drenar el baño a temperaturas superiores a 100º C (con el fin de reducir los tiempos de proceso) (fig. 63-D).

Para optimizar tanto la capacidad y la flexibilidad de la producción, los fabricantes de maquinaria han estudiado diferentes soluciones. Vale la pena recordar que la capacidad de carga (en kg) de la máquina depende del volumen máximo de líquido que puede ser utilizado y de la relación de baño; el peso de la tela (como se ha indicado anteriormente, el tiempo del ciclo de la cuerda no debe exceder de 2 minutos) puede afectar a la máxima carga en kilogramos.

En pocas palabras, para procesar lotes de diferentes tamaños (desde 50-60 kg de 800-1200 kg), los fabricantes pueden construir máquinas que pueden cargar muchas cuerdas (con tinas de recogida separadas, o máquinas con una sola cuerda y varias rutas (fig. 63-D).

Para aumentar la flexibilidad de los procesos, las máquinas (con 1, 2, 3 o más cuerdas) pueden ser de dos tipos, dos máquinas idénticas que pueden trabajar dos lotes diferentes por separado; cuando es necesario, las dos máquinas pueden ser vinculadas y trabajar simultáneamente el mismo lote con el mismo baño y las mismas condiciones de funcionamiento, duplicando así la capacidad de carga.

Tanto los sistemas jet y over-flow están equipados con un carrete motorizado para la carga y/o descarga de la tela.

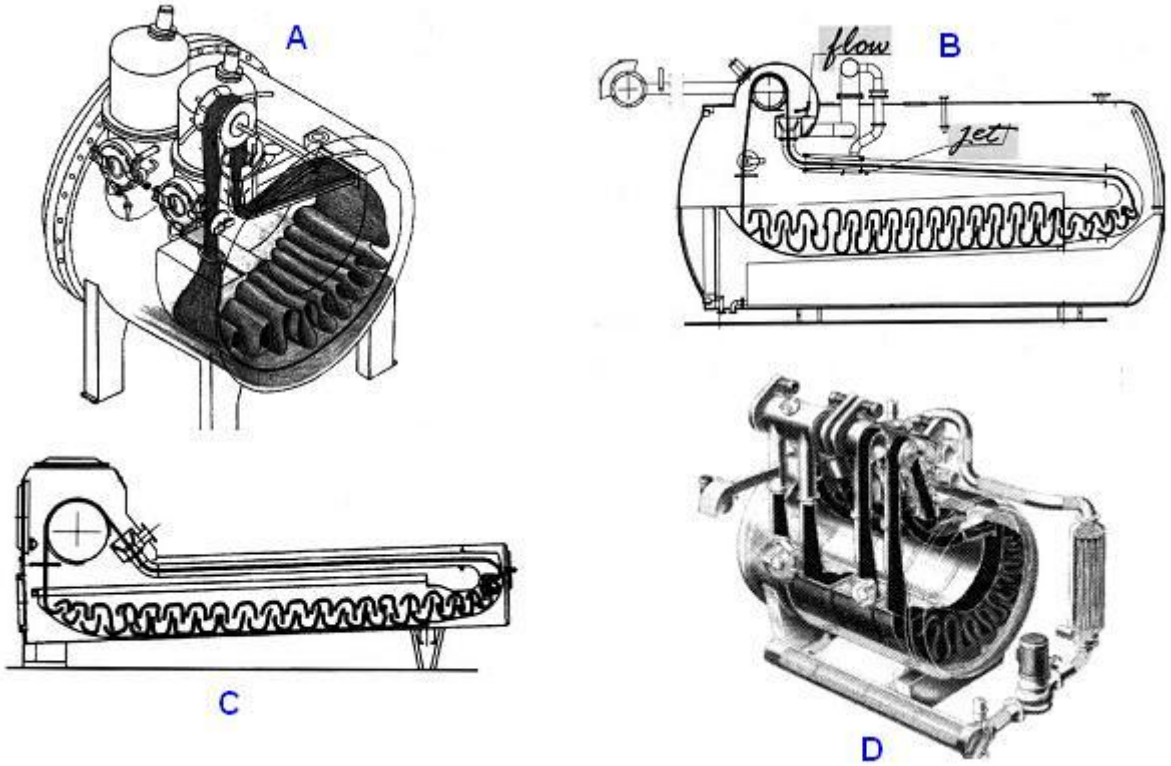


Fig. 63

Fig. 64 Máquina over-flow

MÁQUINA AIR-FLOW (AIR JET)

Es la máquina de teñido en cuerda más moderna, donde el baño es **solamente** para aplicar colorantes y productos auxiliares, y no para el transporte de la cuerda.

El principio de funcionamiento es similar al sistema jet, pero el tejido guiado por un carrete conductor, es expuesto dentro de la tobera a una corriente de aire presurizado que sopla desde una o dos turbinas (o ventiladores) que toman el aire del interior. Durante el recorrido dentro de la zona de transporte o a la salida ésta (si es el caso en ambos), la cuerda se rocía con una cantidad controlada de baño, superando ligeramente el contenido que el material puede absorber. Cuando la tela se

pliega en el tanque perforado de recogida, se elimina el exceso de líquido, que recircula por una bomba especial.

La velocidad de transporte del tejido oscila entre 250 y 1000 m/min, mientras que la relación de baño puede ser, en teoría, de 1:1 a 1:2; en condiciones estándar de trabajo, se usa 1:3 a 1:8.

Esta máquina permite que realizar procesos a alta temperatura.

La alta velocidad de la alimentación de tela, junto con la baja relación de baño, garantizan resultados óptimos de teñido en tiempos muy cortos, también permite reducir las cantidades de colorantes y auxiliares necesarios para los procesos, llevando a una considerable reducción de costos (igualmente con respecto a los costos de tratamiento de las aguas residuales). Esto se aplica particularmente al teñido, sobre todo en el caso de colorantes con baja afinidad por la fibra y bajos porcentajes de agotamiento.

Sin embargo, a veces la baja relación de baño podría causar problemas debido a la pobre solubilidad de algunos colorantes y durante los lavados post-teñido se recomienda. mayores relaciones de baño.

Esta máquina está diseñada para el teñido de tejidos de fibras manufacturadas, mezclas de fibras manufacturadas y elásticas, tejidos de microfibra: en realidad, ha demostrado ser extremadamente adecuada para la tintura filamentos sintéticos o artificiales. Si bien la alimentación de aire facilita el movimiento continuo de la cuerda y reduce los posibles defectos debido al plegado, el tejido tiende a empaquetarse en la parte inferior de la máquina por la reducida cantidad de baño, lo que conduce a pliegues permanentes. Este problema se hace evidente sobre todo para los tejidos hechos de fibras manufacturadas, especialmente cuando no han sido eficientemente termofijados, y otras veces es amplificado por la el agua que golpea la tela a la salida de la tobera.

Este sistema puede procesar lotes de 100 a 600-800 kg, dependiendo del tamaño de la máquina y de las cuerdas.

Muchas de las soluciones aplicadas a los sistemas jet y over-flow son adecuadas también para el sistema Air jet: Tinas recubiertas de teflón, control del plegado, eliminación forzada de baño, máquinas multi túnel (o cuerdas).

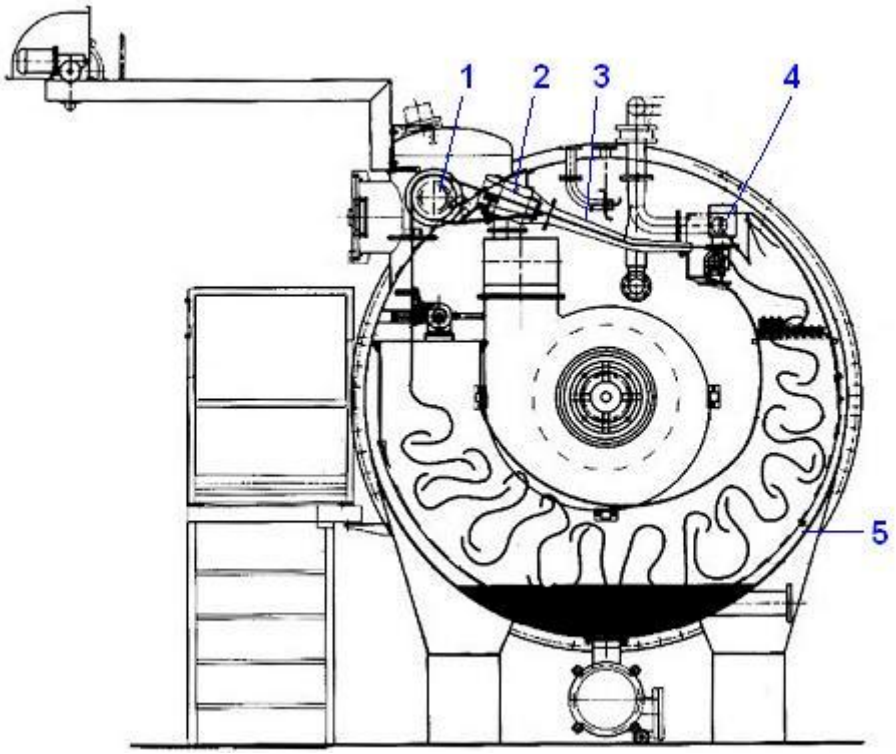


Fig. 65 Máquina Air jet. (1) Carrete (2) Tobera de aire presurizado (3) Túnel de transporte (4) Atomizador de baño (5) Cuba de recogida revestida de teflón.

Cuando se trabajan con altas temperaturas, un magneto es cosido en el tejido, con el fin de poder controlar la velocidad de circulación de la cuerda.

Fig. 66 Máquina Air-jet (Air-flow)

JIGGER

Esta máquina se ha utilizado durante mucho tiempo para procesar lotes de tamaño mediano en tejidos de calada abiertos por un sistema de agotamiento.

La tela se mueve mientras que el bato es estático, a excepción de las máquinas de última generación, que también están equipadas con una bomba de circulación.

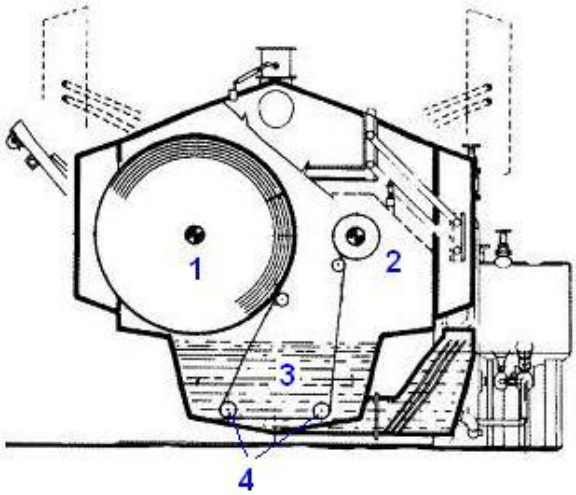


Fig. 67 Jigger (1) Primer cilindro (2) Segundo cilindro (3) Baño (4) Cilindros guía

Las piezas de tela se cosen juntas de cola a cabeza, a manera de cinta. En la cabeza y en la cola de la cinta opcionalmente se añaden dos paños (4-5 m) para permitir el teñido regular de las piezas enteras[10]. Las piezas unidas bajan desde un rollo y pasan a través del baño (se mantienen en la posición correcta por medio de cilindros de transporte y un regulador de tensión, que evita la formación de arrugas) y se enrollan en un segundo rollo hasta que el proceso de teñido ha terminado.

La velocidad y la tensión del tejido se ajustan por medio de dispositivos para evitar cambios en la estabilidad dimensional, sobre todo en el proceso de telas ligeras y/o fibras delicadas. El diámetro máximo del rollo puede ser 1450 mm con un ancho de tela que oscila entre 1400 y 3600 mm. La velocidad de la pieza se ajusta entre 30 y 150 m/min y se mantiene constante durante toda la operación. También la tensión debe ser constante y puede ser ajustada entre 0 y 60 kg. Puesto que el tiempo de pase es muy corto, el teñido se produce sobre todo en el enrollado de la tela sobre los rodillos.

La composición del baño absorbido debe ser lo más uniforme posible en toda la anchura y longitud de la pieza; para lotes grandes, muchas adiciones pueden ser necesarias y así evitar los denominados defectos cabeza-cola. Loa tejidos ligeros (nylon viscosa), que se estiran en exceso durante la etapa de recogida pueden mostrar sombreados. Los jiggers trabajar con una relación de baño muy baja (de 1:1 a 1:6).

Junto con los sistemas atmosféricos estándar, también existen jiggers HT dentro de autoclaves que trabajan a alta presión, estas máquinas son adecuadas para teñir tejidos abiertos compuestos de todo tipo de fibras.

Fig. 68

[10] Esta longitud adicional es para evitar mermas por variación de tonos a los extremos de la pieza (efecto de punta y cola), características de esta máquina.

TEÑIDORA DE TEJIDOS EN BOBINAS

El descubrimiento de poliéster – un material que requiere temperaturas de tintura muy elevadas (hasta 140º C) – en la década de 1960 llevó a la extensiva aplicación de máquinas de teñido en bobinas, que esencialmente constan de una autoclave con circulación de baño, con la tela abierta a lo ancho enrollada sobre un cilindro perforado provista de platos.

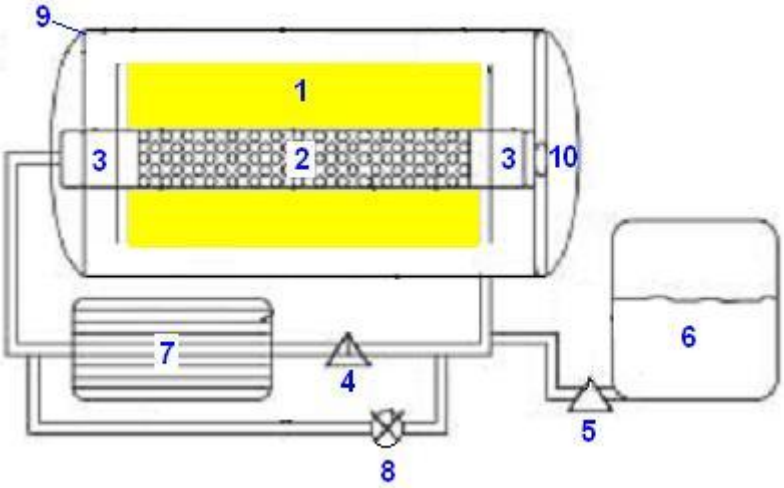


Fig. 69 Teñidora de tejidos en bobinas. (1) Tejido (2) Cilindro perforado (3) Cubiertas del cilindro (4) Bomba de circulación (5) Bomba de adición (6) Tanque de adición (7) Intercambiador de calor (8) Válvula by-pass (9) Tanque (10) Puerta

Actualmente, a fin de aumentar la capacidad de producción y reducir aún más la relación de baño, se proporcionan sistemas con plegadores de gran diámetro, equipados con cámaras internas de sobrepresión, para reducir espacio. Para igualar el flujo del baño en ambos orillos, se utilizan manguitos cilíndricos en los extremos del plegador.

El baño de tintura, impulsado por una bomba de circulación, fluye hacia fuera por los orificios y pasa a través del tejido. El sentido del flujo puede ser invertido. Si el tejido es más angosto que el plegador, los agujeros no cubiertos con tejido son cerrados por medio de cubiertas fijadas bajo la tela.

Los tejidos deben ser enrollados con la tensión correcta, y si se tensan excesivamente, el baño no puede atravesarlo y el colorante no es forzado dentro de la tela. Por el contrario, si la tensión de bobinado no es uniforme, un efecto moaré se origina (la superficie presenta variación de matiz similares a las ondulaciones del agua).

El control de los cambios de presión (interna/externa), que debe oscilar entre 0,1 y 0,5 kg/cm^2, permite el control de la precisión del devanado.

Esta máquina, que fue muy popular durante los años 1960 y 1970, sigue siendo ampliamente utilizada hoy en día, e incluso está experimentando una suerte de renacimiento. La relación de baño varía de 1:10 a 1:15, pero el uso de cámaras internas de sobrepresión permite la optimización de los volúmenes de solución requeridos.

Se puede utilizar tanto para la preparación y para las operaciones de tintura.

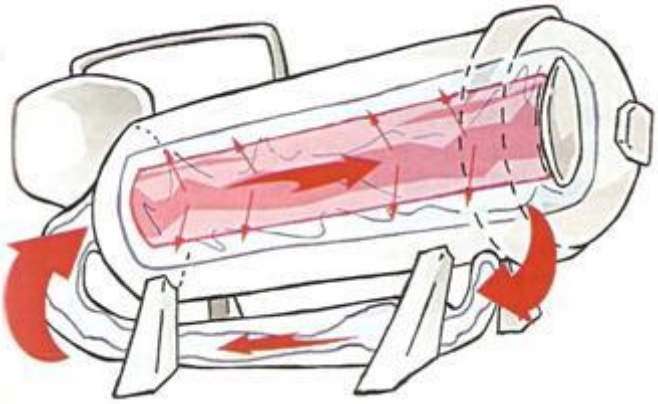


Fig. 70 Flujo del baño en una teñidora de tejidos en bobinas

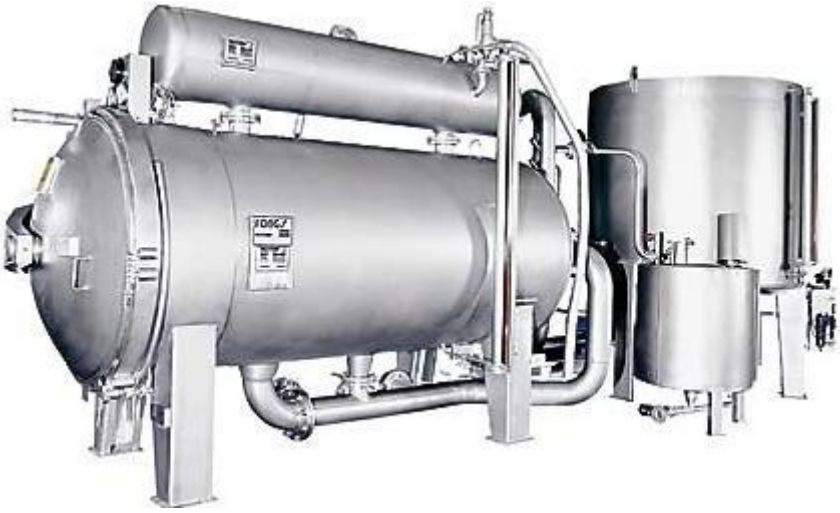


Fig. 71 Máquina de tintura para tejidos en bobinas

MÁQUINAS PARA TEÑIDO DE PRENDAS

El proceso de tintura en prendas asegura una gran rapidez en la satisfacción de las necesidades del mercado para los procesos de teñido y acabado. Estas máquinas son generalmente de tambor rotativo, similares a las lavadoras industriales de gran tamaño; las prendas se cargan en cestas especiales para las operaciones de acabado.

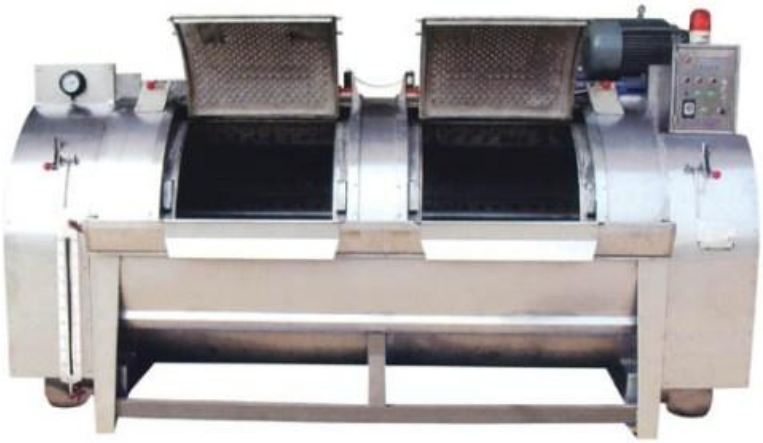


Fig. 72 Máquina para el teñido de prendas

Fig. 73 Máquina para la tintura de prendas

TEÑIDOS CON IMPREGNACIÓN EN FOULARD (PAD)

Este proceso de teñido se puede aplicar en tejidos de ancho abierto, que son particularmente sensibles a los pliegues y las marcas de doblés. Se diferencia del teñido por agotamiento en la aplicación del baño de tintura y en los procesos de fijación. Son necesarias cantidades muy reducidas de agua, lo que resulta en un menor consumo energético.

La tela es conducida con tensiones para impedir la formación de arrugas, ingresa en cubas (tinas, bateas) que contienen el baño de colorante y, pasa a través de pesados rodillos que exprimen el exceso de líquido. La velocidad de alimentación del tejido debe ser constante.

Es importante añadir al baño de tintura un agente de humectación para permitir la impregnación eficiente de la tela en un corto período de tiempo.

Los colorantes utilizados deben tener la mínima afinidad posible por las fibras para evitar los defectos de cabeza-cola. También deben ser muy solubles para evitar defectos de puntos debidos a la precipitación cuando se utilizan en concentraciones altas.

Es necesario utilizar la más alta temperatura posible, para facilitar la penetración del baño en el tejido (esto es particularmente importante para tejidos densos), de acuerdo con la afinidad para los colorantes y con la estabilidad del baño.

La tina de impregnación debe tener una forma que permita al tejido un tiempo de contacto adecuado para absorber el baño de tintura, incluso con una reducción de su capacidad y una alta velocidad de la tela, el volumen de baño reducido facilita su rápido intercambio en la batea de impregnación, reduciendo así posibles defectos cabeza-cola, debidos a la afinidad colorante-fibra.

El baño absorbido por el tejido es constantemente reemplazado en la tina de impregnación gracias a un tanque auxiliar y una bomba de distribución, lo que asegura que el nivel constante del líquido se mantenga mientras se proporciona una impregnación uniforme.

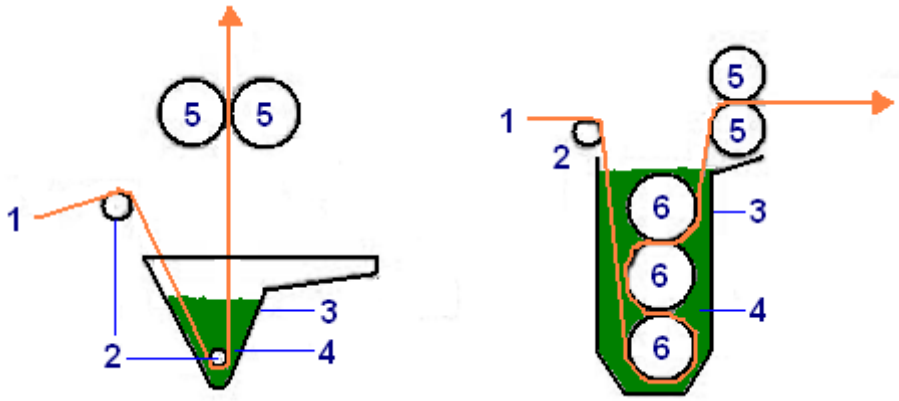


Fig. 74 Foulards. (1) Tejido (2) Cilindros guías (3) Batea (4) Baño de tintura (5) Rodillos exprimidores (6) Cilindros guías exprimidores

Los rodillos de exprimido generalmente tienen un recubrimiento de caucho más o menos flexible sobre un núcleo rígido (de acero). Las altas velocidades de funcionamiento, el uso de productos agresivos (por ejemplo, procesos de acabado con presencia de disolventes orgánicos), las altas presiones y temperaturas requieren que los materiales utilizados para el recubrimiento de los rodillos aseguren altos niveles de resistencia, que no pueden ser alcanzados por un solo material. Por consiguiente, es necesario elegir el material más adecuado para las diferentes condiciones de trabajo.

Por esta razón, una gama más amplia de materiales se utiliza ahora: caucho natural, más o menos curado, y diversos tipos de resinas sintéticas, cuya excelente elasticidad es debida a la forma enroscada (o forma de espiral) de sus macromoléculas y su resistencia (mecánica y química) por los niveles obtenidos de reticulación intermolecular (elastómeros).

La cantidad de monómeros de los que se obtienen elastómeros es muy limitada (aproximadamente 10) y las características de los materiales utilizados para el recubrimiento se obtienen por agregación de grupos químicos particulares para estos componentes básicos. Durante el proceso de teñido, el material elástico que recubre los rodillos, está constantemente sometido al contacto con soluciones acuosas (soluciones veces alcalinas o ácidas), con emulsiones de disolventes o con solventes orgánicos.

Por tanto, es necesario conocer la resistencia del material utilizado para el recubrimiento de los cilindros a los productos químicos que han de aplicarse.

Un factor crucial, que debe ser tenido en cuenta durante el proceso de foulardado, es la presión ejercida sobre los cilindros, que se aplica sobre las clavijas laterales. El *momento de flexión*, que actúa sobre el cilindro y en su núcleo rígido, produce una presión en su centro: mayor es la flexión si el cilindro es más largo y su diámetro pequeño.

Por lo tanto, el centro de la tela será exprimido con menos fuerza; este problema se puede evitar por medio de un cilindro combado, es decir, cuyo diámetro en su zona central sea mayor que en sus bordes.

La presión cambia la forma de los rodillos en el punto de tangencia, generando así un área de contacto, o zona de contacto (fig. 75).

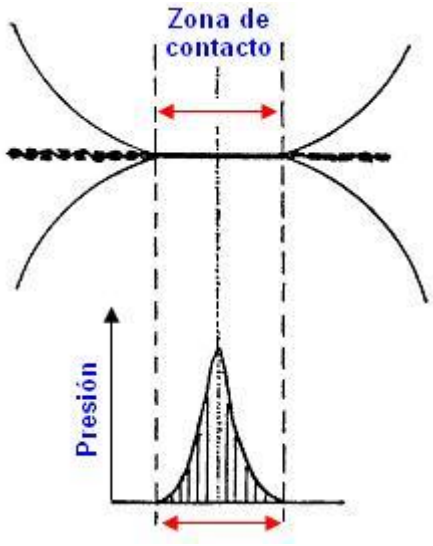


Fig. 75 Zona de contacto entre dos rodillos de exprimido

En el área de contacto, la presión alcanza el valor más alto en el centro. El resultado es una función con una típica curva parabólica. La zona de contacto formada por dos cilindros elásticos es más ancha (si ambos cilindros tienen el mismo diámetro y presión) que el formado por cilindros rígidos. Por lo tanto la fuerza por unidad de área será menor, pero la zona donde se aplica la presión será más amplia y por lo tanto el tiempo de compresión será más largo.

Mediante el uso de los cilindros de nueva concepción, el drenado del baño en la superficie se lleva a cabo de forma más completa que con los cilindros tradicionales con superficie lisa. El revestimiento elástico está constituido por una gruesa capa de fibras, individualmente recubiertas con una fina lámina de caucho. El resultado es un material poroso que permite el fácil drenado del baño que sale de la zona de compresión, con una acción alternada de compresión y expansión de los poros.

En foulards estándar de teñido equipados con cilindros lisos, el máximo exprimido se alcanza en el centro de la zona de contacto, donde la presión está en su nivel más alto: con el fin de abandonar el tejido, el agua sin embargo debe superar la resistencia al deslizamiento de la tela comprimida en el área de contacto. Mediante el uso de los cilindros porosos, el agua se comprime en el recubrimiento poroso del cilindro y se puede quitar fácilmente. Además, una vez ha ido más allá del centro de la zona de contacto, la presión disminuye y la expansión de los poros de la capa elástica determina un efecto de succión, produciendo la aspiración del agua residual.

El revestimiento elástico de los cilindros está menos sometido a deformaciones permanentes: marcas de orillos, remalles, pliegues del tejido, etc., se eliminan después de algunas revoluciones. Los defectos evidentes pueden requerir un tratamiento de rectificado.

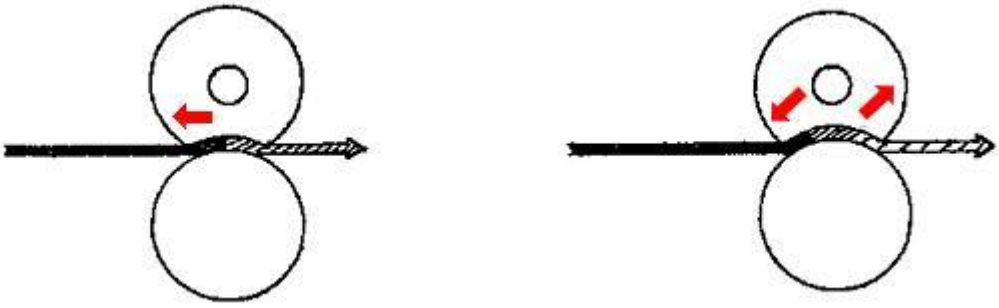


Fig. 76 Remoción del agua del tejido mediante rodillos con superficie lisa (izq.) y porosa (der.). Las flechas indican la evacuación del agua.

Una condición ideal para el teñido por foulardado es que ni las sustancias disueltas (o dispersas) ni el solvente tengan afinidad con el material a procesar. Teniendo en cuenta este principio, la cantidad de soluto depositada sobre el material depende solamente de la concentración del baño y del exprimido.

Dado que la composición del baño dejado en el tejido es el mismo que el de batea, puede ser restaurado durante el proceso de aplicación mediante la adición de una solución con la misma composición.

Cuando las soluciones de tintes o productos de acabado tienen cierta afinidad por la fibra, se logra una mejor absorción del soluto, mientras con otros productos (por ejemplo acabados), se consigue una mejor absorción del solvente. Tanto en la aplicación de colorantes como de productos de acabado, esta mejor absorción se expresa por el FPC (factor de pick-up del colorante) que es la relación entre la cantidad de producto depositado con éxito sobre la tela y la cantidad que debe ser depositada (de acuerdo con la concentración del baño y la relación de exprimido), expresada en porcentaje.

A medida que aumenta la velocidad del teñido, el FPC se acerca a 100, ya que el material se mantiene durante un tiempo más corto en contacto con las sustancias disueltas. La concentración de los productos de acabado en el tanque de alimentación de la tina compensará las variaciones de concentración de estos productos en la cuba de impregnación si tienen un FPC significativamente diferente de 100.

Otro factor a tener en cuenta es el llamado *pick-up* o grado de exprimido, que representa la cantidad (en unidades de peso) de baño contenida en 100 unidades de peso del tejido, después de la impregnación y el exprimido, si su valor es menor, es mayor el efecto de apretado. Un apretado alto generalmente se prefiere, ya que reduce la cantidad de baño disperso entre un hilo y el siguiente, aumenta la penetración de los productos de acabado, permite ahorros de energía significativos durante el proceso de secado y reduce el fenómeno de la migración durante el mismo.

La baja resistencia mecánica de la tela o la limitada solubilidad de los productos de acabado podrían sugerir altos valores de pick-up. Éste depende de las características y composición de la tela, además de los siguientes parámetros:

- Presión ejercida por los rodillos;
- Dureza del recubrimiento del rodillo;
- Viscosidad del baño;
- Tamaño del rodillo;
- Velocidad de funcionamiento;
- Preparación del tejido;
- Presencia de auxiliares.

Una vez que el tratamiento ha llegado a su fin, es necesario eliminar la presión inmediatamente y limpiar los cilindros para evitar la formación de suciedades y depósitos.

También se debe:

- Evitar trabajar con soluciones saturadas o casi saturadas, que podrían depositar cristales en los cilindros por evaporación del solvente;
- Proteger los cilindros de la luz, ozono, vapores de cloro, y del calor (calor radiante de las fuentes de calor, convección de aire caliente, etc.), sobre todo al final de los tratamientos;
- Prestar atención a la agresividad de los disolventes y reactivos químicos utilizados;

Después de la aplicación del baño de tintura en el foulard, por último el colorante se fija sobre la fibra. Para ello podemos indicar a los procesos de semi-continuos y continuos.

Determinación del pick up de un tejido en un foulard de planta

Este es un control que se realiza en los foulards de planta para igualar los valores de pick up de un tejido obtenidos en el laboratorio, además de verificar la homogeneidad del apretado a lo ancho del foulard:

a. Anotar los datos del tejido, la velocidad y la presión de los rodillos del foulard.
b. Tomar tres muestras a lo ancho del tejido a la salida del foulard. Para evitar pérdidas de humedad que influyan fuertemente en los resultados, inmediatamente introducir cada muestra en una bolsita plástica previamente pesada y rotulada según la zona del muestreo (izquierda, centro y derecha).

c. Pesar individualmente cada bolsita (con la muestra dentro) en una balanza analítica y registrar el resultado. Esto nos dará el peso bruto, es decir, el total de los pesos de la bolsita y la muestra húmeda.
d. Descontar de los pesos brutos el peso de cada bolsita, para obtener los pesos netos húmedos (peso de cada muestra).
e. Colocar las tres muestras húmedas (ya sin la bolsa) en una estufa a 105 – 120º C durante 20 – 30 minutos. (Las condiciones dependen del gramaje del tejido y el peso de las muestras).
f. Retirar las muestras y acondicionarlas hasta alcanzar su equilibrio higrométrico.
g. Pesar individualmente las muestras secas y anotar los resultados.
h. Calcular el pick-up para cada muestra empleando la fórmula:

$$Pick\text{–}up = \frac{Peso\ húmedo - Peso\ seco}{Peso\ seco} \cdot 100$$

i. Comparar los tres resultados y observar si existen diferencias significativas entre ellos. Valores de pick-up notoriamente diferentes indican que la presión de los rodillos ejercida sobre la tela no es uniforme en todo su ancho, pudiendo representar zonas longitudinales con contenido de baño heterogéneo, que se traduce en variación de intensidades a lo ancho del tejido.

Ejemplo

Luego de realizados los pasos *a* al *g* inclusive, tenemos el siguiente cuadro:

Artículo : Sarga 3/1

Velocidad : 40 m/min

Presión : 5 bar

		LADO		
		Izquierdo	Centro	Derecho
	P. bolsa (g)	0,4318	0,4207	0,4639
Húmedo	P. bruto (g)	2,3134	2,7424	2,3961
	P. neto (g)	1,8816	2,3217	1,9322
Seco	P. muestra (g)	1,1272	1,3894	1,1433

$$Pick\text{–}up\ (I) = \frac{1{,}8816\ g - 1{,}1272\ g}{1{,}1272\ g} \cdot 100 = \frac{0{,}7544\ g}{1{,}1272\ g} \cdot 100 = 66{,}9\%$$

$$Pick\text{–}up\ (C) = \frac{2{,}3217\ g - 1{,}3894\ g}{1{,}3894\ g} \cdot 100 = \frac{0{,}9323\ g}{1{,}3894\ g} \cdot 100 = 67{,}1\%$$

$$Pick\text{–}up\ (D) = \frac{1{,}9322\ g - 1{,}1433\ g}{1{,}1433\ g} \cdot 100 = \frac{0{,}7889\ g}{1{,}1433\ g} \cdot 100 = 69{,}0\%$$

Interpretación del resultado: Se observa que el lado derecho del tejido presenta mayor arrastre de baño (pick-up), lo que puede ocasionar tonos más intensos en esta zona, afectando la igualación del teñido. Se debe verificar la homogeneidad de las presiones del foulard y tomar las medidas correctivas.

PROCESOS SEMI CONTINUOS

PAD-BATCH

En este proceso se realiza un ciclo de teñido en frío mediante el empleo de colorantes y productos auxiliares. El tejido en enrollado y cubierto con plástico para evitar el secado y la oxidación de las capas externas de la bobina, se mantiene en rotación lenta durante 8 -24 horas para evitar la filtración del líquido debido a la gravedad, la que podría deformar el rollo y crear defectos de teñido.

El tejido se lava finalmente en un sistema continuo o discontinuo.

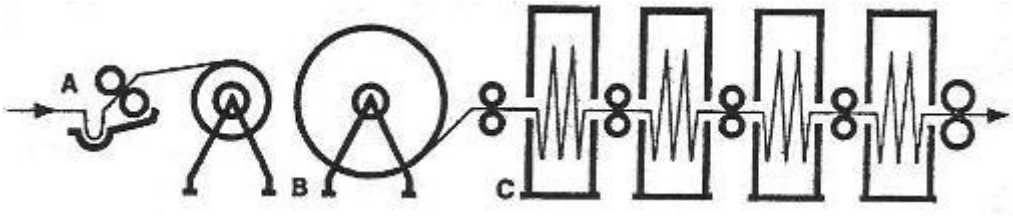


Fig. 77 Proceso Pad-Batch. (A) Foulardado (B) Reposo en frío (C) Tratamiento posterior

PAD-ROLL

Luego de la impregnación se calienta el tejido con vapor o rayos infrarrojos para obtener uniformidad en la aplicación del baño, se mantiene en el interior de cámaras de vapor a 60-80º C durante 2 a 8 horas, dependiendo del colorante utilizado y de la intensidad de color deseada.

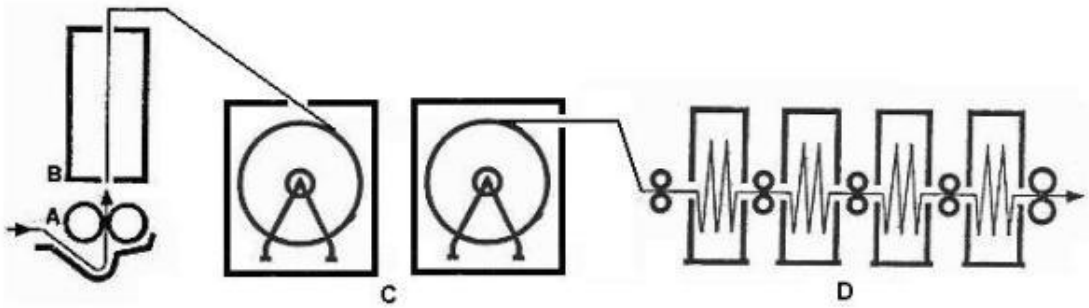


Fig. 78 Proceso Pad-Roll. (A) Foulardado (B) Calentado (C) Reposo en caliente (D) Tratamiento posterior

PAD-JIG

Se utiliza para colorantes directos y para colorantes que requieran reducción (tina y sulfurosos). Después de la impregnación en foulard, la tela se enrolla y luego se pasa a través del jigger para el tratamiento de fijación. En el baño del jigger, se añade entre 5-10% del baño de teñido para soportar el sangrado de colorante. Luego el tejido se lava y se enjuaga.

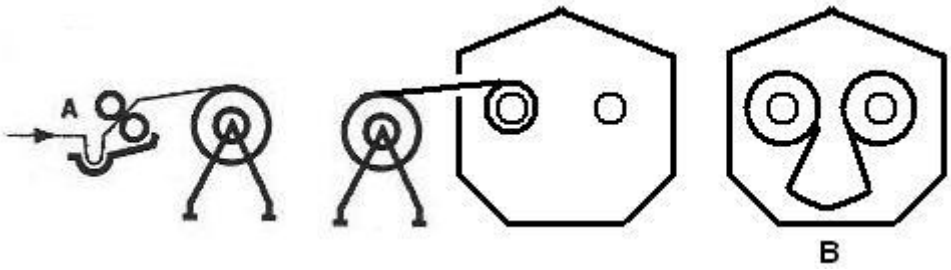


Fig. 79 Proceso Pad-Jig. (A) Foulardado (B) Fijación y tratamiento posterior en jigger

PROCESOS CONTINUOS

PAD-DRY

Después de la impregnación y exprimido, la tela es pre-secada (100 – 150º C) con rayos infrarrojos, a continuación recibe un flujo de calor (150 – 160º C) para fijar el colorante; luego se lava y enjuaga con un sistema continuo. Se emplea para el teñido de fibras celulósicas con colorantes reactivos.

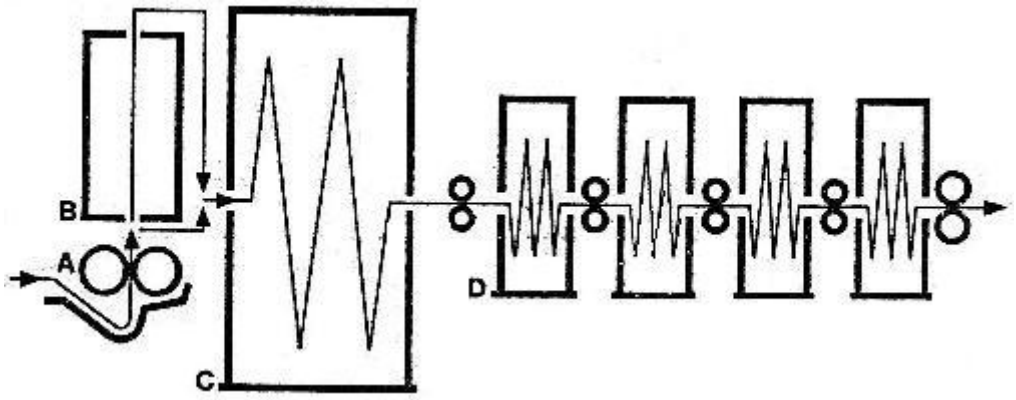


Fig. 80 Proceso Pad-Dry. (A) Foulardado (B) Pre secado (C) Secado (D) Tratamiento posterior

PAD-STEAM

Se lleva a cabo mediante un foulardado, después el tejido se seca (100 – 105º C) y luego se introduce en una máquina especial de vapor para la fijación del colorante. El tiempo de vaporizado depende de la temperatura y los colorantes utilizados.

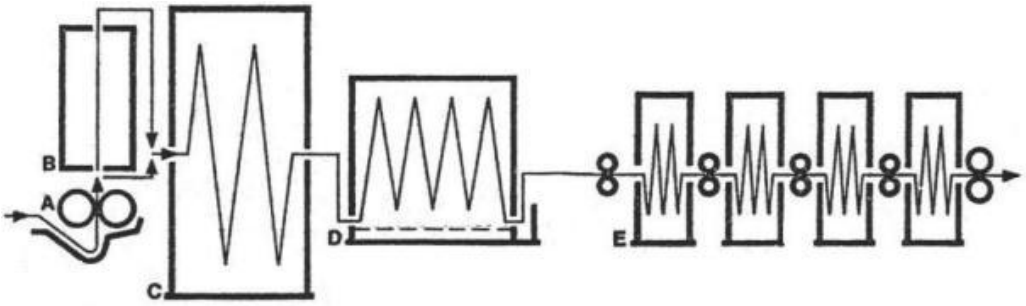


Fig. 81 Proceso Pad-Steam con baño único. (A) Foulardado (B) Pre secado (C) Secado (D) Vaporizado (E) Tratamiento posterior

Al teñir fibras celulósicas con colorantes tina se realiza una variante de este método, que consiste en realizar luego del secado, una impregnación con productos reductores, luego se realiza el vaporizado y al final, la oxidación y los lavados.

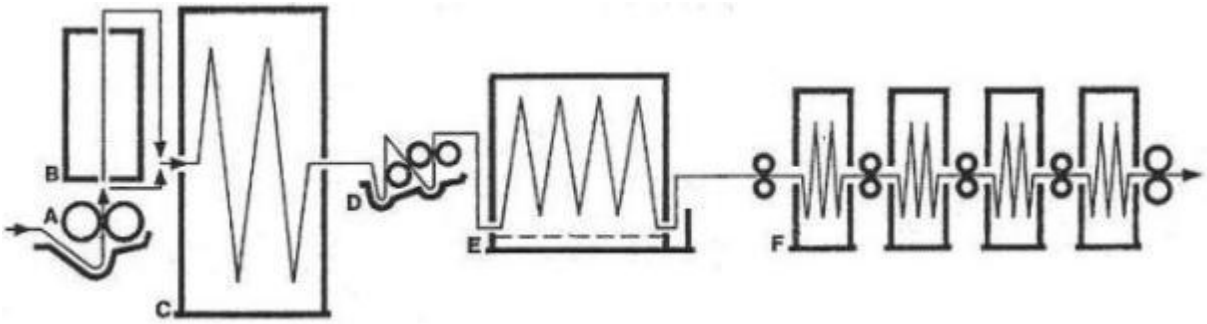


Fig. 82 Proceso Pad-Steam con dos baños. (A) Foulardado de colorante (B) Pre secado (C) Secado (D) Foulardado de medio reductor (E) Vaporizado (F) Tratamiento posterior

PAD-TERMOFIX

Se emplea para el teñido del poliéster: luego del fulardado, el tejido es secado y se lleva a una cámara de alta temperatura (termosoleado) para fijar el colorante disperso, luego se realiza la remoción del colorante no fijado, mediante lavado reductivo y jabonado posterior.

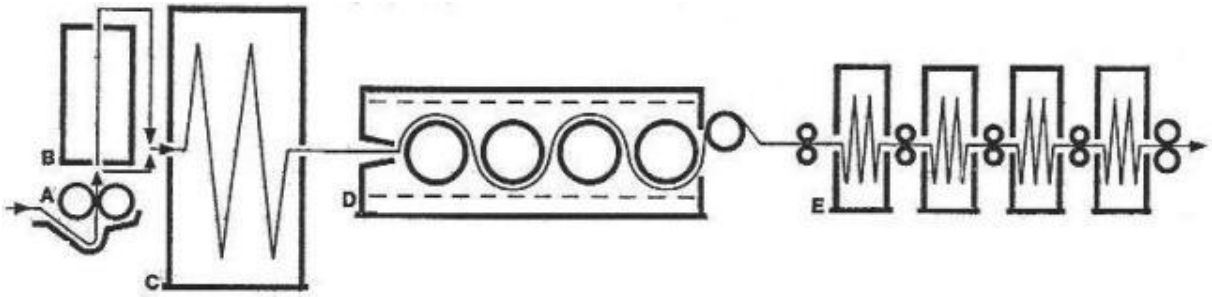


Fig. 83 Proceso Pad-Termofix. (A) Foulardado (B) Pre secado (C) Secado (D) Termosoleado (E) Tratamiento posterior

INSUMOS

En las siguientes páginas describiremos *grosso modo* los insumos utilizados en la tintorería, no detallaremos su estructura química ni la cinética de sus reacciones, solo se dará una idea general de las principales propiedades de éstos. Si se desea mayor información sobre ellos, afortunadamente se dispone mucha literatura técnica al respecto.

AGUA

Es el medio en que se desenvuelve el arte tintóreo, y como tal, su calidad y cantidad es de gran importancia. Tiene capacidad para disolver gran variedad de sustancias en cantidades relativamente grandes, por ello se le llama **disolvente universal**.

El agua actúa como:

- medio de intercambio químico
- medio de transferencia de calor
- medio de transporte mecánico
- mecanismo disolutor

Fig. 84

Dureza del agua

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales de cationes alcalinotérreos (grupo 2) que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.

Se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (en miligramos) por cada litro de agua; que puede ser expresado en concentraciones de $CaCO_3$. Es decir:

$$\text{Dureza (mg/l de } CaCO_3) = 2{,}50\ [Ca^{++}] + 4{,}16\ [Mg^{++}]$$

Donde:

$[Ca^{++}]$: Concentración de ion Ca^{++} en mg/l.

$[Mg^{++}]$: Concentración de ion Mg^{++} en mg/l.

Los coeficientes se obtienen de las proporciones entre la masa molecular del $CaCO_3$ y las masas atómicas respectivas: 100/40 (para el $[Ca^{++}]$); y 100/24 (para el $[Mg^{++}]$).

En la tintorería del algodón, la dureza del agua también puede incrementarse debido a la cesión de iones metálicos que trae de manera natural esta fibra, por lo que en algunos casos se requiere el empleo de agentes secuestrantes.

Tipos de dureza

En la dureza total del agua podemos hacer una distinción entre dureza temporal (o de carbonatos) y dureza permanente (o de no-carbonatos) generalmente de sulfatos y cloruros.

- **Dureza temporal**

  Se produce a partir de la disolución de carbonatos en forma de hidrógenocarbonatos (bicarbonatos) y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición del hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$).

- **Dureza permanente**

  No puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia de sulfatos y/o cloruros de calcio y de magnesio en el agua, sales que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierto punto, disminuyendo luego la solubilidad conforme aumenta la temperatura.

Medidas de la dureza del agua

Las medidas de dureza o grado hidrotimétrico del agua más empleadas son:

- **mg $CaCO_3$/l** o **ppm de $CaCO_3$**

  Miligramos de carbonato de calcio ($CaCO_3$) en un litro de agua; esto es equivalente a ppm de $CaCO_3$.

- **Grado alemán (Deutsche Härte, ° dH)**

  Equivale a 17,9 mg $CaCO_3$/l de agua.

Clasificación de la dureza del agua

La clasificación de las aguas según su dureza depende del tipo de industria a la que nos refiramos, a continuación se muestra un cuadro general:

Tipos de agua	ppm $CaCO_3$	° dH
Blanda	≤17	≤0,95
Levemente dura	≤60	≤3,35
Moderadamente dura	≤120	≤6,70
Dura	≤180	≤10,05
Muy dura	>180	>10,05

Tabla 2

Pero si nos centramos en la industria textil, podemos decir que los tintoreros consideran una dureza máxima de 6º alemanes para un óptimo proceso; en el mejor de los casos, se prefiere un valor límite de 3º alemanes.

Eliminación de la dureza

Las operaciones de eliminación de dureza se denominan ablandamiento de aguas.

La dureza puede ser eliminada utilizando el carbonato de sodio (o de potasio) y cal. Estas sustancias causan la precipitación del Ca como carbonato y del Mg como hidróxido.

Otro proceso para la eliminación de la dureza del agua es la descalcificación de ésta mediante resinas (zeolitas) de intercambio iónico. Lo más habitual es utilizar resinas de intercambio catiónico que intercambian los iones calcio y magnesio presentes en el agua por iones sodio u otras que los intercambian por iones hidrógeno. Es necesaria la rectificación de la zeolita o resina por medio de una concentración de sal diluida.

Fig. 85 Tanques ablandadores de agua

Agua dura

Se emplea en la tintorería para procesos poco delicados, y en algunos casos en teñido.

El agua dura:

- Precipita los colorantes ácidos y básicos

- A los jabones los vuelve insolubles, restándoles su poder detergente y consumiendo una cantidad importante de éstos.

  El agua dura reacciona con el jabón formando grumos insolubles del siguiente modo:

  $$Ca^{++} + 2RCO_2^{-} \rightarrow Ca(RCO_2)_2$$

  Jabón Precipitado

  (R: hidrocarburo de cadena larga, como $C_{17}H_{35}^{-}$)

- Puede provocar depósitos o incrustaciones de carbonatos en las tuberías de lavadoras, calentadores y calderas.
  El calor convierte los bicarbonatos solubles en carbonatos (por pérdida de CO_2) y se forma un precipitado de $CaCO_3$ que puede llegar a generar obstrucciones de tuberías:

  $$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

  Si ya se han formado, se pueden eliminar con algunos productos antical existentes en el mercado, aunque un método muy válido para conseguir disolver los carbonatos es aplicar un ácido débil (acético, cítrico, etc.) en los depósitos.

Fig. 86 Formación de sarro dentro de una tubería, por dureza del agua

Control de la dureza del agua

La dureza se puede determinar fácilmente mediante el uso de instrumentos o reactivos (éstos pueden venir en kits o en tiras de papel).

Fig. 87 Equipo medidor de la dureza del agua

Fig. 88 Kit de reactivos para determinar la dureza del agua

Fig. 89 Tiras reactivas para la determinación de dureza del agua

PRODUCTOS QUÍMICOS

Pueden ser:

A. **Ácidos**

Un ácido es cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. Los principales ácidos usados son:

- A. sulfúrico H_2SO_4.
- A. clorhídrico (ácido muriático) HCl.
- A. acético CH_3-COOH ($C_2H_4O_2$).

- A. fórmico H-COOH (CH_2O_2).
- A. nítrico HNO_3.
- A. oxálico HOOCCOOH.

Existen ácidos fuertes y débiles. Su manipulación exige cuidados especiales como protección de ojos, manos y vías respiratorias.

Los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico son muy fuertes, corrosivos y agresivos; los ácidos acético, fórmico y oxálico son más débiles.
Generalmente son empleados para regular el pH de los baños para determinados procesos de preparación, teñido, estampado y acabado.

B. Álcalis

Los álcalis son óxidos, hidróxidos y carbonatos de metales alcalinos[11]. Se oponen a los ácidos y reaccionan con éstos, por lo que no se usan en la misma receta.

Los principales álcalis empleados son:
- Hidróxido de sodio (soda cáustica) NaOH.
- Carbonato de sodio Na_2CO_3.
- Amoníaco NH_3.
- Fosfato trisódico Na_3PO_4.

Al igual que los ácidos, existen álcalis fuertes y débiles. La soda cáustica es un álcali fuerte y muy agresivo. Durante su disolución hay gran generación de calor, lo que puede provocar salpicaduras y por este motivo debe ser disuelta lentamente en agua. El carbonato sódico y el amoníaco son álcalis débiles.

Se emplean en recetas de descrude, blanqueo y teñido.

C. Sales

Son compuestos químicos formados por cationes (iones con carga positiva) enlazados a aniones (iones con carga negativa). Son el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión.

Algunas sales empleadas son:
- Sulfato de sodio (sal de Glaubert) Na_2SO_4.
- Cloruro de sodio NaCl.
- Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$.
- Bicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$.
- Sulfato de cobre (II) $CuSO_4$.

Las sales son usadas principalmente en los procesos de tintura, como electrolitos.

D. Agentes oxidantes y reductores

Un oxidante es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce (gana electrones). En este grupo podemos nombrar:

- Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) H_2O_2.
- Hipoclorito de sodio NaClO.
- Clorito de sodio $NaClO_2$.

Un agente reductor es aquel que cede electrones a un agente oxidante en las reacciones de reducción-oxidación. El agente reductor más empleado es el ditionito de sodio (hidrosulfito de sodio) $Na_2S_2O_4$.

[11] Los metales alcalinos son aquellos que están situados en el grupo 1 de la tabla periódica, a excepción del hidrógeno.

Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias. Se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$pH = -log_{10}\ a\,H_3O^+$$

Se utiliza universalmente por su practicidad para evitar el manejo de cifras largas y complejas.

En soluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno.

Por ejemplo, una concentración de [H_3O^+] = $1x10^{-7}$ M (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: pH = –log[10^{-7}] = 7.

La escala de pH va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución), y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución.

Sustancia	pH	
Ácido clorhídrico	0.0	Ácido
Jugos gástricos	1.0	
Jugo de limón	2.3	
Vinagre	2.9	
Vino	3.5	
Jugo de tomate	4.1	
Café	5.0	
Lluvia ácida	5.6	
Orina	6.0	
Agua de lluvia	6.5	
Leche	6.6	Neutro
Agua destilada	7.0	
Sangre	7.4	
Levadura	8.4	
Disolución de bórax	9.2	
Pasta de dientes	9.9	
Leche de magnesia	10.5	
Agua de cal	11.0	
Amoníaco doméstico	11.9	
Hidróxido de sodio (NaOH)	14.0	Básico

Fig. 90 Valores del pH de algunas soluciones (Enciclopedia Encarta 2010)

Para la medición del pH de soluciones, se disponen de tiras indicadoras (fig. 92) y de peachímetros (fig. 93).

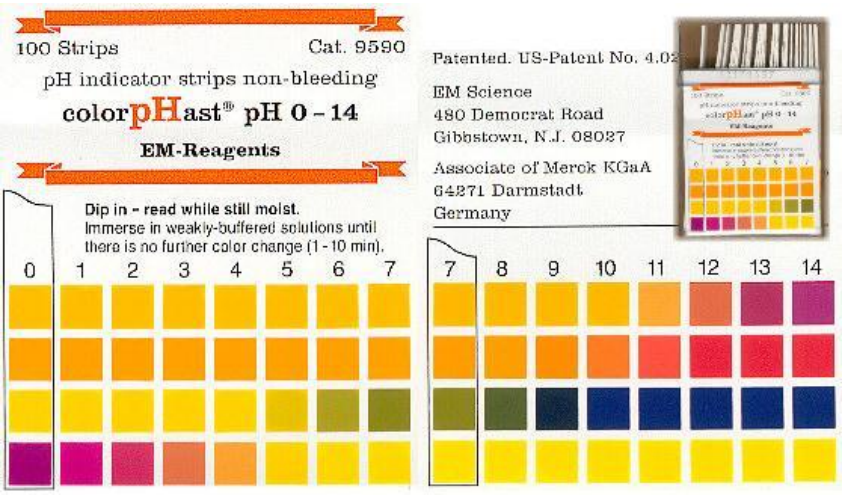


Fig. 91 Escala de valores de pH en tiras reactivas

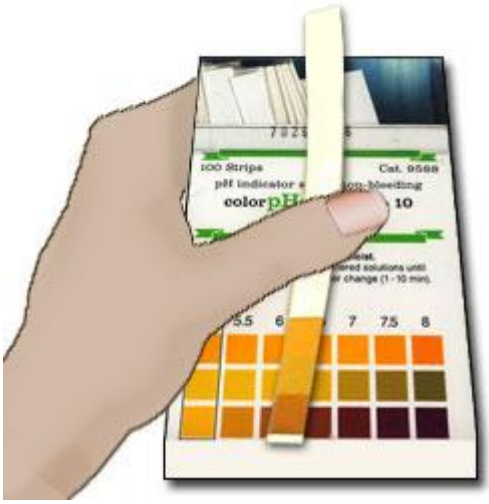


Fig. 92 Medición del pH con tiras reactivas

Fig. 93 pH-meter (peachímetro)

PRODUCTOS AUXILIARES

Los productos auxiliares (también los colorantes) pueden poseer o no cargas eléctricas, de acuerdo a esto se clasifican en:

Producto	Carga eléctrica
Aniónicos	Negativa
Catiónicos	Positiva
No iónicos	No tiene
Anfóteros	Depende del pH

Tabla 3

Normalmente no se mezclan productos aniónicos con catiónicos porque reaccionan entre sí, provocando la formación de un nuevo producto insoluble, conocido como *precipitado*. Los productos no iónicos, en general, pueden ser mezclados con catiónicos y aniónicos.

Fig. 94 Formación del precipitado en un baño al mezclar sustancias de cargas iónicas opuestas

Los productos auxiliares deben ser disueltos o diluidos antes de su adición a las máquinas. Es muy importante la forma cómo son disueltos, debiéndose respetar los procedimientos recomendados por su fabricante: forma de disolver (producto sobre el agua o agua sobre el producto), temperatura, agitación, solubilidad, etc.

Los productos auxiliares empleados son:

Humectantes

Reducen la tensión superficial en la preparación facilitando la saponificación y ayudando al penetrabilidad del colorante dentro de la fibra. Los agentes humectantes son pre-requisito fundamental para un adecuado teñido en un baño acuoso con una completa inmersión del sustrato. El uso de los humectantes depende del proceso de teñido, de la naturaleza y condición del material a teñir.

Emulsionantes

Ayudan a eliminar aceites y grasas, manteniéndolas lejos del sustrato.

Detergentes

Los detergentes son mezclas de sustancias no iónicas y/o aniónicas que actúan sobre la tensión superficial de los baños de tratamiento con el fin de deshacer y eliminar la suciedad de los sustratos.

Una característica adicional de los detergentes es su capacidad de eliminar suciedades de tipo oleoso. Además de sus propiedades principales, los detergentes también deben vigilar la formación de espuma y sus características humectantes para poder ser usados en las máquinas actuales.

Dispersantes

Con la aplicación de dispersantes es posible mantener el colorante en foulards y baños de tintura en fina dispersión e impedir precipitados molestos. Los productos se basan en polímeros, alcoholes grasos muy etoxilados y sulfonatos.

Igualadores

Los igualadores ayudan a la penetración del baño de tintura en el sustrato, mejoran la uniformidad del agotamiento y evitan las desigualaciones del color.

Algunos componentes químicos importantes son, por ejemplo, las aminas grasas etoxiladas, los aceites sulfonados, los ésteres del ácido carbónico y algunos productos de condensación del amonio cuaternizado.

Secuestrantes

Todas las fibras vegetales, y dependiendo de la procedencia geográfica, contienen más o menos cantidades de metales pesados y alcalinotérreos.

Para una preparación sin problemas, estas sustancias deben eliminarse del sustrato con la ayuda de productos secuestrantes y procesos especiales como el desmineralizado y/o la adición de secuestrantes en los procesos de lavado y blanqueo.

Las sustancias endurecedoras y los metales pesados pueden también proceder del agua industrial por lo que la adición de productos secuestrantes es también necesaria en el tratamiento de fibras de procedencia no vegetal como las fibras sintéticas.

Además, los productos secuestrantes con poder dispersante ayudan a la eliminación de la suciedad de origen pigmentaria durante el tratamiento acuoso favoreciendo la eliminación de las mismas del sustrato.

Antiespumantes

Los materiales textiles retienen aire por su propia naturaleza y construcción. Este aire debe ser expulsado de las fibras para facilitar la humectación del material y facilitar los tratamientos en húmedo. Además, esta aportación de aire es la responsable de la formación de espuma especialmente en los tratamientos en máquinas de alta velocidad y elevada turbulencia.

Con la adición de desaireantes/antiespumantes, la tensión superficial entre el baño de tratamiento y el sustrato se reduce provocando una humectación espontánea del material sin presencia de espuma.

Antiquiebres

Los productos antiquiebres confieren buenas propiedades deslizantes y reducen el efecto mecánico sobre el material en todos los procesos en húmedo necesarios para su tintura.

La mejor circulación del material ayuda a evitar las arrugas, marcas de abrasión y otros daños mecánicos indeseables. Las materias primas apropiadas de base son aceites naturales, lecitinas y polímeros de elevado peso molecular.

Antimigrantes

Se usan en los procesos de teñido a la continua, donde el control durante la etapa de secado es crucial. La termomigracón del colorante puede causar alteraciones en el matiz final como veteados, diferencias de matiz entre los orillos y el centro del tejido, efecto de cara y baja solidez al frote. Estos productos impiden la migración del colorante a la superficie durante el secado.

Buffers (tampones)

Los sistemas tampón y los dadores de alcalinidad o acidez se utilizan para asegurar el valor requerido de pH sobre el material y en el baño de tintura.

Mejoradores de solidez

Los productos para el tratamiento posterior de las tinturas tienen como objetivo la mejora de las solideces. El mecanismo de actuación puede ser de diferentes tipos:

- eliminando sólo los restos de colorantes que han quedado depositados de forma superficial, o
- reaccionando iónicamente con las moléculas de colorantes ancladas en la fibra.

Las distintas bases químicas que aportan estas características son polímeros catiónicos y aniónicos de diferente grado de polimerización.

COLORANTES

Se usan diferentes clases de colorante para cada tipo de fibra, de acuerdo a la siguiente tabla:

Fibra	Colorante
Celulósica (natural y artificial)	Directo, reactivo, a la tina, al azufre, naftol,
Poliéster	Disperso, básico
Poliamida	Disperso, ácido, premetalizado
Acetato	Disperso
Lana y seda	Ácido, premetalizado
Acrílico	Disperso, básico

Tabla 4

La selección del colorante está basada en el desempeño deseado, restricciones de producción y los costos que el mercado puede soportar para cada producto final.

COLORANTES ÁCIDOS

Presentan una afinidad con las fibras proteínicas y son los más empleados en el teñido de la lana. La mayoría no agotará sobre fibras celulósicas, pero debido a que se asemejan a los tintes directos en cuanto a su composición química, hay un grupo de ellos que tiñe la celulosa bastante bien. También resultan afines con las fibras de poliamida.

Estos colorantes se unen a las fibras por puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals y enlaces iónicos. Su estructura química es compleja pero tienen largas cadenas aromáticas, con grupos aminos o sulfónicos que los hacen solubles en agua. La mayoría pueden ser de los siguientes tipos:

- Antraquinónicos
- Azos
- Trifenilemánicos

Son de naturaleza aniónica y su aplicación ocurre en baños fuertemente ácidos a neutros.

COLORANTES BÁSICOS

Son generalmente hidrocloruros de sales o bases orgánicas. Los cromóforos se encuentran en el catión, por lo cual se suele llamarlos tintes catiónicos. Debido a su baja solidez a la luz, éstos fueron prácticamente descontinuados hasta que se descubrió que servían para teñir fibras acrílicas.

En la práctica, las fibras celulósicas no son afines con los tintes básicos. Los tintes pueden aplicarse a la celulosa si las fibras son mordentadas antes del teñido; sin embargo rara vez se aplican estos tintes al algodón. En el caso de la fibra de proteína, existe evidencia de que su afinidad es de naturaleza química.

COLORANTES DIRECTOS

Son solubles en agua y se unen al algodón por atracción química (puentes de Hidrógeno y fuerzas de Van der Walls). Existe afinidad del hidrógeno de la molécula del colorante a los grupos hidroxilo de la celulosa. Después de que el colorante se disuelve en el agua, se añade sal para controlar el

porcentaje de absorción del colorante por la fibra. No son tan caros y están disponibles en una gran variedad de tonos.

Clasificación

Según SDC (Society of Dyers and Colourists)

- **Clase A**: Colorantes autoigualables a causa de una buena migración del colorante a la fibra. Aun cuando el teñido inicial parezca mal igualado, el colorante es capaz de redistribuirse a medida que avanza la operación de teñido. No requieren ningún producto para corregir su buena igualación.
- **Clase B**: Colorantes que no son autoigualables. Tienen escaso poder migratorio y deben ser aplicados con cuidado, pues es difícil corregir la mala igualación inicial. Se controlan mediante adiciones de sal, ésta se agrega gradualmente comenzando con cantidades pequeñas que se van incrementando a cada adición.
- **Clase C**: Colorantes de muy escaso poder migratorio. No igualan con adiciones sistemáticas de sal, siendo necesario además un control estricto de la temperatura. Son los colorantes que ofrecen las mayores dificultades en el teñido.

Como regla general, al realizar bicromías y tricomías, deben trabajarse colorantes de la misma clase, y a lo sumo, de clases contiguas (mezcla de A y B o de B y C, mas no de A y C).

Según la cantidad de carbonato presente en el baño

- Colorantes que tiñen en baño neutro
- Colorantes que tiñen en baño débilmente ácido
- Colorantes que tiñen en baño alcalino

Propiedades

Presentan las siguientes:

- Muy fácil aplicación
- Bajos costos de producción
- Colores brillantes
- Alta afinidad tintórea por la fibra
- Amplio rango de solideces
- Baja solidez a los tratamientos húmedos

Parámetros de control

Un teñido uniforme y reproducible puede lograrse si se conoce los parámetros que gobiernan los procesos, en el caso del teñido con colorantes directos, éstos son:

a. Temperatura
b. Electrolito
c. Relación de baño y agitación del baño
d. Tiempo
e. pH

COLORANTES REACTIVOS

Los colorantes reactivos se adhieren a la fibra de celulosa formando una fuerte liga química (enlace covalente). Estos colorantes fueron desarrollados en los años cincuenta como un proceso económico para lograr una solidez al color aceptable en fibras celulósicas.

Generalmente se componen de dos elementos fundamentales:

- **Parte cromófora**

  Determina principalmente el matiz del colorante. Los diferentes matices de la gama de los colorantes reactivos se consiguen con la presencia de diversos grupos cromóforos. Aquí aparecen, además, los grupos *solubilizantes* ($-SO_3Na$) que le confieren solubilidad en medio acuoso y los *sustituyentes* que le confieren sustantividad a las fibras celulósicas.

- **Parte auxócroma (reactiva)**

  Es responsable, en primer lugar del tipo y velocidad de reacción entre la fibra celulósica y el colorante.

Estos dos elementos pueden estar directamente ligados uno al otro, o unidos entre ellos por un eslabón o puente.

Fig. 95

Clasificación

Existen diversas maneras de clasificar a los colorantes reactivos.

Según su nivel de reactividad

- ☐ Colorantes de baja reactividad (aplicados en caliente a 80 – 98º C para lograr su fijación)
- ☐ Colorantes de reactividad media (se fijan a 60ºC)
- ☐ Colorantes de alta reactividad (necesitan temperaturas más bajas, de 30 – 50º C para fijarse)

Según el compuesto que forman con la celulosa

- ☐ Colorantes que forman ésteres de celulosa
- ☐ Colorantes que forman éteres de celulosa

Propiedades

Presentan las siguientes particularidades:

- Colores vivos y brillantes.
- Son susceptibles al daño por cloro.
- Muestran buenas solideces al frote y al lavado.
- En matices claros presentan una pobre solidez a la luz.
- Preparados en soluciones con agua, luego de un tiempo tienden a hidrolizarse.
- Amplio rango temperaturas de aplicación
- Precios relativamente bajos
- Tiempos prolongados de aplicación
- Mayores costos de aplicación respecto a los colorantes directos

Parámetros de control

a. Naturaleza del colorante
b. Relación de baño
c. Concentración del electrolito (sal)
d. pH
e. Tiempo
f. Temperatura
g. Tipo de fibra

COLORANTES A LA TINA

Son colorantes que tienen entre sí diferente constitución química pero todos son insolubles en agua. Por su reducción en un medio alcalino se transforman en leucoderivados hidrosolubles. El proceso de reducción se fundamenta en la acción reductora del hidrógeno sobre el grupo carbonilo, transfiriéndolo al grupo alcohólico. En este estado se aplica sobre el sustrato y luego se le oxida para insolubilizarlo nuevamente, pero esta vez ya dentro de la fibra.

Existen dos grandes grupos: los derivados del índigo y los derivados de la antraquinona.

Los métodos de tintura empleados en los colorantes derivados de la antraquinona dependen de la facilidad de reducción y la sustantividad del leucoderivado:

- en solución caliente 60º C (IN)
- en solución tibia 45º C (IW)
- en solución fría 25º C (IK)

En todos los métodos la tintura se realiza siguiendo los mismos pasos:

a) Reducción del colorante
b) Preparación de la tina de tintura
c) Tintura
d) Oxidación del leucoderivado
e) Tratamientos posteriores

Propiedades

- Altas solidez luz y a los tratamientos húmedos
- Insolubles en agua
- Colores apagados
- Paleta de colores limitada
- No amigables con el medio ambiente y la salud
- Precios elevados respecto a otras familias

COLORANTES AL AZUFRE (SULFUROSOS)

Reciben este nombre porque en su molécula está presente el azufre. Su proceso es parecido al de los colorantes tina; tiñen las fibras en estado reducido y se oxidan para volverse insolubles. Al igual que los colorantes tina, también son insolubles en agua pero solubles en medio alcalino y en presencia de sulfuro de sodio como agente reductor. Se usan para lograr un negro muy oscuro a bajo costo.

Para evitar que desprendan ácido sulfúrico durante su almacenamiento, se trata el sustrato con acetato sódico, sin lavado posterior, y se seca.

Propiedades

- Método de aplicación sencillo
- Altos niveles de solideces
- Colores intensos
- Bajo precio
- Paleta de colores muy limitada
- Efluentes contaminantes del medio ambiente

COLORANTES NAFTOLES

La esencia del teñido con estos colorantes consiste en tratar el sustrato con disoluciones alcalinas de las anilidas de ácidos fenolcarboxílicos que han de actuar como componentes copulables a fin de que las fibras los fijen para ser transformadas posteriormente (sobre la misma fibra) en el verdadero colorante mediante el tratamiento con una disolución de sal de diazonio.

Los colorantes naftol están disponibles en colores brillantes a bajo costo, pero sus requisitos de aplicación limitan su uso.

Se utilizan para el teñido de fibras celulósicas cuando se requiere que su solidez al agua y su brillantez sean comparativamente buenas a un costo razonable. Ofrecen resultados satisfactorios especialmente en el espectro del amarillo, anaranjado y rojo. Se les ha aplicado a fibras de proteínas, pero se pueden obtener resultados igualmente buenos con tintes ácidos mediante métodos más simples.

COLORANTES DISPERSOS

Surgieron de la necesidad de encontrar una manera fácil y satisfactoria para teñir el acetato. Son suspensiones de compuestos orgánicos finamente divididos con muy baja solubilidad. Las fibras hidrofóbicas, como el acetato de celulosa (secundaria o terciaria) y las fibras sintéticas con frecuencia se teñirán mejor con tintes insolubles que con aquellos que se disuelven en agua.

Un baño de teñido con colorantes dispersos contiene al colorante en tres estados: colorante en solución, colorante en miscelas y colorante sólido. Sólo el colorante en solución es absorbido por la fibra.

El colorante disperso se fija en la fibra mediante fuerzas físicas o llamadas fuerzas de *Van der Waals,* ya que no poseen iones o cargas eléctricas.

Clasificación

- ☐ De baja energía o moléculas pequeñas
  - Poseen excelente igualación, migración
  - Excelente poder de cubrimiento de barrados
  - Baja solidez a la sublimación
  - Rápida difusión en la fibra
- ☐ De mediana energía o moléculas medianas
  - Buena igualación, migración
  - Aceptable solidez a la sublimación

- Aceptable cubrimiento del barrado
- Mediana difusión en la fibra

☐ De alta energía o moléculas grandes

- Mediana igualación, baja migración
- Aceptable solidez a la sublimación
- Mediocre cubrimiento del barrado
- Lenta difusión en la fibra

Los colorantes con alto poder de difusión penetran rápidamente en la fibra, con un consumo de energía relativamente bajo.

La combinación de colorantes dispersos debe realizarse de forma técnica, éstos deben coincidir de forma cercana en sus propiedades tintóreas, agotamientos compatibles y nivel de solidez.

GRUPO		B	C	D
Propiedades	Tamaño de molécula	Pequeña	Mediana	Grande
	Solidez - sublimación	Baja	Mediana	Alta
	Igualación	Buena	Moderada	Baja
	Cobertura de barrados	Buena	Mediana	Baja
Aplicación	Proceso por agotamiento	100º C con carrier / HT	100º C con carrier / HT	HT
	Intensidades	claras / medias	medias / oscuras	oscuras
	Termofijación posteñido	No	Depende de la tonalidad	Sí

Tabla 5

Mecanismo de tintura

El colorante disperso se difunde en el poliéster de dos formas:

- Aumentando la accesibilidad de la fibra mediante el uso de agentes transportadores, los que temporalmente ensanchan los poros intermoleculares de la fibra.
- Aumentando la velocidad de difusión por incremento de la temperatura y presión de teñido.

Propiedades

- Prácticamente insolubles, forman en agua dispersiones homogéneas de partículas muy pequeñas
- Son colorantes no iónicos, es decir, no tienen carga eléctrica.
- Se unen a la fibra por medio de fuerzas no iónicas.
- Tienen la propiedad de sublimarse, por lo que hay que tener mucho cuidado en el proceso de termofijado. En la termofijación de la tintura puede haber una vaporización de colorantes, ensuciando la rama o el sustrato.
- Durante la termofijación de artículos pigmentados puede también haber retorno del colorante para la superficie de la fibra, provocando mala solidez al frote y peor solidez al lavado en seco y en húmedo.

Fig. 96 Los colorantes dispersos se subliman a altas temperaturas

Parámetros de control

Estos colorantes tienen parámetros que rigen su tintura muy diferentes a los del algodón:

a. Tamaño de la molécula del colorante
b. Solubilidad del colorante
c. Propiedades de derretimiento del colorante
d. Isomorfismo del colorante
e. Susceptibilidad del colorante al pH y a la reducción del medio
f. Propiedades de dispersión del colorante
g. Temperatura y tiempo de teñido

COLORANTES PRE-METALIZADOS

Fueron desarrollados para poder teñir directamente la lana sin necesidad de recurrir al mordentado en una etapa de tratamiento posterior. Se aplican con mayor rapidez, son fáciles de combinar y en algunos colores tienen más brillo que los colorantes mordentables.

La molécula del colorante es una estructura típica monoazo, conteniendo grupos adicionales hidroxilos, carboxilos o aminos, capaces de formar complejos con metales de transición como el cromo, cobalto, níquel y cobre.

Tipos: La clasificación de los colorantes pre-metalizados está basada según el número de moléculas de colorante que forman complejo con el ión metálico, pueden ser:

- Pre-metalizados 1:1. Donde una molécula de colorante forma complejo con un ión de metal.
- Pre-metalizados 2:1. Donde dos moléculas de colorante forman complejo con un ión metálico.

Propiedades:

- Dependiendo de la fibra y el tipo de colorante, exhiben buena solidez a la luz y moderadas solideces en húmedo.
- Son solubles en agua
- Se aplican en baños con pH neutro, débilmente ácido o fuertemente ácido, dependiendo del tipo de colorante.
- Tiñen a la lana, seda, poliamidas y al cuero.

ENZIMAS

Amilasas: Desengomado. Puede ser ácida o alcalina y HT.

Catalasas: Eliminación del peróxido de hidrógeno residual luego del blanqueo.

Celulasas: Antipilling, acabados similares al *Stone wash*, acabados del denim. Puede ser neutra o ácida.

Lacasas: Oxidación de colorantes.

Lipasas: Eliminación de grasas y ceras en el descrudado, eliminación de compuestos grasos en el desengomado.

Pectinasas: Biodescrude del algodón.

Proteasas: Descrude de fibras animales, desgomado de la seda, modificación de las propiedades de la lana.

BLANQUEADORES ÓPTICOS

Son productos que absorben la radiación del espectro ultravioleta (invisible para los humanos) y lo retornan en color visible dentro de la gama violeta-azul. Se emplean para alcanzar grados superiores de blanco, su presencia en el sustrato oscila entre 0,01 a 0,5% spm.

Su presentación puede ser en polvo o líquida.

Tienen propiedades de:

- Afinidad
- Migración
- Sensibilidad al pH
- Solidez
- Sensibilidad a metales pesados

La sensibilidad al pH presenta la mayoría de los problemas, pues tienden a amarillar en medio alcalino, por lo que la neutralización debe ser hecha por encima de pH 5, usualmente con ácido acético. Asimismo debe seleccionarse adecuadamente la temperatura de secado y el suavizante a aplicar en el acabado.

EJEMPLOS DE PROCESOS

Se muestran a continuación algunos ejemplos para el tratamiento de algunas fibras, éstos deben tomarse solamente como una referencia, pues las recetas (productos, concentración) y las condiciones (pH, temperatura y tiempo) dependen de otras variables que no se consideran acá (tipo de fibra, maquinaria, porcentaje de matiz, efecto deseado en el material, etcétera).

PROCESAMIENTO DEL ALGODÓN

En la preparación del algodón se debe eliminar las impurezas (naturales y adquiridas) y dejarlo hidrófilo para el teñido. Estas impurezas pueden ser de dos tipos:

- Preexistentes en las fibras en crudo. En el caso del algodón encontramos aceites, grasas, hierro y sales de dureza (Ca y Mg), suciedades y pigmentos naturales.
- Agregadas a los sustratos durante los procesos de hilatura (ensimajes y parafina)

Fig. 97

Receta de descrudado

A. Descrudado

- 2 – 4 g/l NaOH 50%
- 1,5 g/l humectante
- 1,5 g/l detergente aniónico
- Temperatura 98º C
- Tiempo 30 minutos

Luego enjuagar profundamente con agua blanda caliente, y después enjuagar con agua blanda fría.

B. Neutralizado

- 1g/l ácido acético
- Temperatura ambiente
- Tiempo 10 minutos

Luego enjuagar con agua blanda fría.

Receta del blanqueo con peróxido de hidrógeno

A. Blanqueo

- Humectante aniónico 0,3 – 0,6 g/l
- Estabilizador (Silicato de sodio) 0,3 g/l
- NaOH 36º Bé para pH 10 – 11
- H_2O_2 50% 1 – 3 ml/l
- Temperatura 100º C
- Tiempo 60 minutos

Después del blanqueo enjuagar profundamente con agua blanda.

B. Neutralizado

- Ácido acético para pH 5
- Temperatura ambiente
- Tiempo 10 minutos

Receta de descrude y blanqueo simultáneos

- Humectante aniónico 0,3 – 0,6 g/l
- Estabilizador (Silicato de sodio) 0,3 g/l
- NaOH 36º Bé 5 – 10 ml/l
- H_2O_2 50% 5 – 10 ml/l
- Temperatura 100º C
- Tiempo 60 minutos

Después del blanqueo enjuagar profundamente con agua blanda.

Tintura con colorantes reactivos

El colorante reactivo monta en la fibra con el auxilio de la sal.

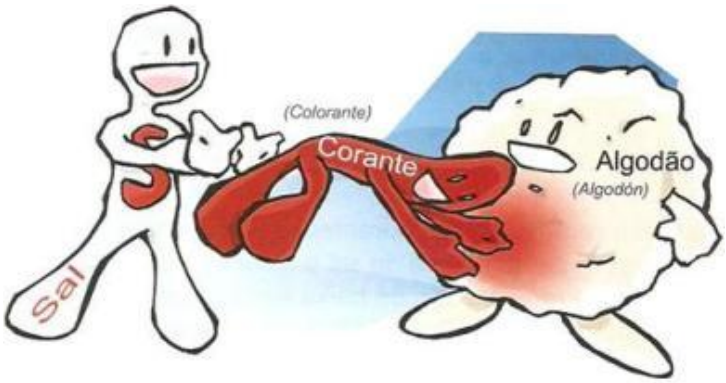


Fig. 98

Además de eso, el colorante reactivo origina una reacción química con la celulosa debido al álcali de la receta. Esto hace que el colorante permanezca muy bien fijado a la fibra del algodón.

Fig. 99

Tienen un inconveniente: además de la reacción química que ellos hacen con la fibra celulósica, reaccionan también con el agua, este colorante que reacciona con el agua es llamado colorante hidrolizado.

Fig. 100

Para garantizar buena solidez húmeda (al lavado, al agua) es esencial la completa eliminación del colorante hidrolizado. Esta remoción es hecha a través del jabonado, después de la tintura.

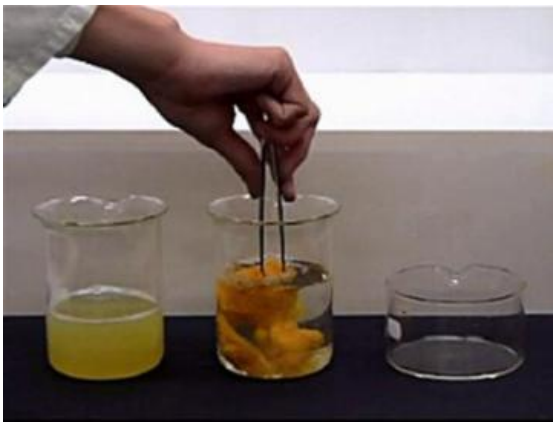


Fig. 101

Método de disolución de los colorantes reactivos

Los colorantes reactivos generalmente se encuentran de dos maneras:

- ☐ Polvo
  - Empastar en agua fría, blanda y neutra
  - Añadir agua blanda y neutra y hasta un máximo de 60º C.
- ☐ Granulado
  - Añadir el colorante lentamente y bajo agitación constante sobre el agua

Fig. 102

Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Emplear agua blanda y neutra.
- Respetar las indicaciones en cuanto a la cantidad y a la forma de adición de la sal y álcali.
- Respetar los tiempos de fijación recomendados.

Fig. 103

Tratamiento posterior

Se entiende por tratamiento posterior a las operaciones efectuadas con el fin de remover la porción de colorante no fijado en la fibra. Consta de:

- ☐ Enjuague en frío
- ☐ Acidulado (neutralizado)
- ☐ Jabonado a ebullición
- ☐ Enjuague en caliente
- ☐ Enjuague en frío

Se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El lavado y jabonado posterior es muy importante: si no se remueve totalmente el colorante no fijado, tendremos una tintura con pésima solidez.
- Hacer los enjuagues (frío y caliente) recomendados antes del jabonado.
- Jabonar con el producto adecuado y en la cantidad y tiempo recomendados. Hacer los enjuagues (frío y caliente) recomendados después del jabonado.
- Probar la solidez en húmedo antes de descargar la partida.
- En algunas situaciones se hace necesario el uso de un fijador.

PROCESAMIENTO DEL POLIÉSTER

La preparación del poliéster consta del descrude (o lavado previo) y del blanqueo. Además de estas operaciones, es importante someter luego al tejido a un proceso de termofijación, para estabilizar sus dimensiones.

Descrudado

Al desarrollar un proceso de descrude de fibras sintéticas, debe considerarse la presencia de aceites de ensimaje y de tejeduría de punto, eventuales suciedades del tejido y la sensibilidad de las fibras a los productos.

Es importante la perfecta remoción de estos aceites para una tintura bien igualada.

Receta de descrudado

- 0,5 – 1 g/l de fosfato trisódico o carbonato de sodio
- 1 – 2 g/l de detergente no iónico
- Temperatura 70 – 80º C
- Tiempo 30 minutos

		Ligero ensuciamiento	Muy manchado			Fuertemente manchado			Tintes u otros colorantes no eliminables por lavado	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Agentes detergentes y dispersantes	*No iónicos o aniónicos* g/l	0,5 – 1		0,5 – 1			0,5 – 1			
Álcali	*Fosfato trisódico*	1	1			1				
	Pirofosfato tetrasódico	2	2			2				
	Hidróxido de amonio				2				2-3	
	Carbonato de sodio anhidro			2			2			
	Hidróxido de sodio 36º Bé							2		2
Disolvente	g/l		2	2	2	5	5	5		
Agente reductor	*Hidrosulfito de sodio*								1-5	
Temperatura	ºC	50 – 70		80 – 90			90 – 95		90	
Tiempo	min	30		60			60		60	

Blanqueo químico

El poliéster tiene, en general, un buen grado de blancura.

Fig. 104

Blanqueo químico con clorito de sodio

- Humectante no iónico 0,5 – 1 g/l
- Nitrato de sodio 1- 2 g/l
- Clorito sódico al 80% 2 g/l
- Ácido acético para pH 3,8 – 4,2
- Fosfato monosódico 1,5 g/l
- Temperatura 85º C
- Tiempo 60 minutos

Después del blanqueo enjuagar profundamente con agua blanda caliente y fría.

Blanqueo químico con carrier

- *Carrier* 4 – 8%
- Clorito de sodio al 80% 2 g/l
- Acetato de sodio 2 g/l
- Ácido fórmico al 85% 2 ml/l
- Temperatura 85º C
- Tiempo 60 minutos

Después del blanqueo enjuagar profundamente con agua blanda caliente y fría.

Método de disolución de los colorantes dispersos

- ☐ Microdispersos
  - Empastar el polvo en agua fría.
  - Verter agua tibia (40º C) sobre la pasta, bajo agitación constante.
  - El volumen de agua debe ser de 15 a 20 veces el peso del colorante.
  - Usar mezclador de baja rotación.
- ☐ Granulados
  - Verter lentamente y bajo agitación constante los gránulos de colorante sobre el agua tibia (40º C).
  - El volumen de agua debe ser de 15 a 20 veces el peso del colorante.
  - Usar mezclador de baja rotación.

Tintura con colorantes dispersos

Los auxiliares utilizados son:

- Dispersante. Mantiene la dispersión del colorante y garantiza la distribución uniforme del colorante en el baño.

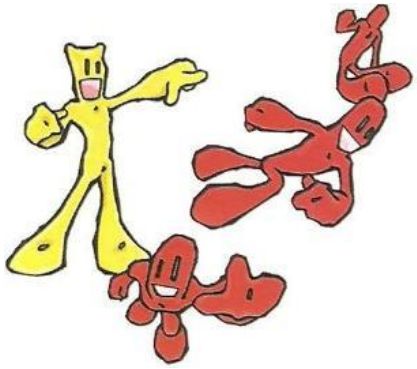


Fig. 105

- Igualante. Asegura un montaje uniforme del colorante en la fibra.

Fig. 106

- Carrier. Es indispensable en tratamientos debajo de 120º C, acelera el montaje del colorante y auxilia en la adecuada migración. Debe evitarse al máximo su empleo, dado que es un agente cancerígeno.

Fig. 107

- Ácido acético o fórmico. Protege el colorante evitando su destrucción. Teñir con pH 5 – 5,5.

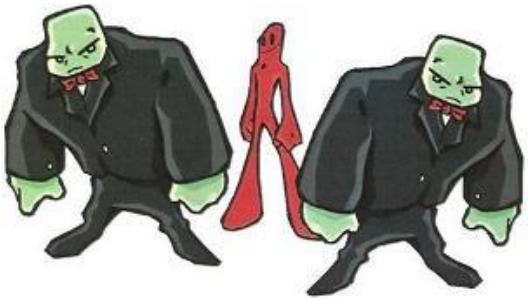


Fig. 108

- Sulfato de amonio. Garantiza la estabilidad del pH ácido durante todo el proceso. Usar 1 a 2 g/l.

Fig. 109

- Agente especial. Sustituye al dispersante, el sulfato de amonio y el ácido.

Fig. 110

Métodos de teñido en el sistema discontinuo

Podemos realizar la tintura del poliéster de dos maneras:

- **A 100º C con *carrier***. Se realiza:
  - Cuando no se dispone de máquinas HT
  - En la tintura de mezclas lana/poliéster
  - En la tintura de mezclas poliéster/lycra (en ciertos casos)
  - En la tintura de mezclas poliéster/nylon
- **A 130º C**. Se requiere el empleo de máquinas presurizadas (HT). Con este tipo de máquina y a esta temperatura podemos realizar la tintura con colorantes de moléculas grandes, que proporcionan mayor nivel de solidez.

Teñido a 100º C con carrier

A. **Teñido**

- 1 – 2 g/l de sulfato de amonio
- 0,5 g/l de dispersante

- 1 g/l de secuestrante
- 3 g/l de carrier
- X% de colorante disperso
- pH 4,5 – 5 con ácido acético
- Temperatura 100º C
- Tiempo 60 minutos

B. **Lavado reductivo**

- 1 g/l de detergente no iónico
- 2 g/l de hidrosulfito de sodio
- 3 – 5 ml/l de NaOH 36º Bé
- Temperatura 70º C
- Tiempo 15 a 20 minutos

¿Para qué es el lavado reductivo?

Después de la tintura es recomendable hacer un lavado reductivo para remover el colorante disperso depositado en la superficie de la fibra. En general se usa un agente reductor como el hidrosulfito de sodio.

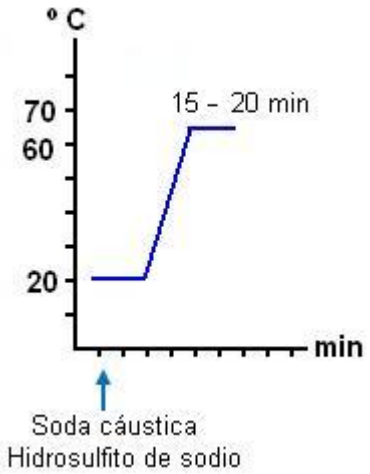


Fig. 111

Teñido a 130º C

El proceso de tintura consiste básicamente en un gráfico de calentamiento, donde el punto crítico de la tintura está en la velocidad de calentamiento del baño.

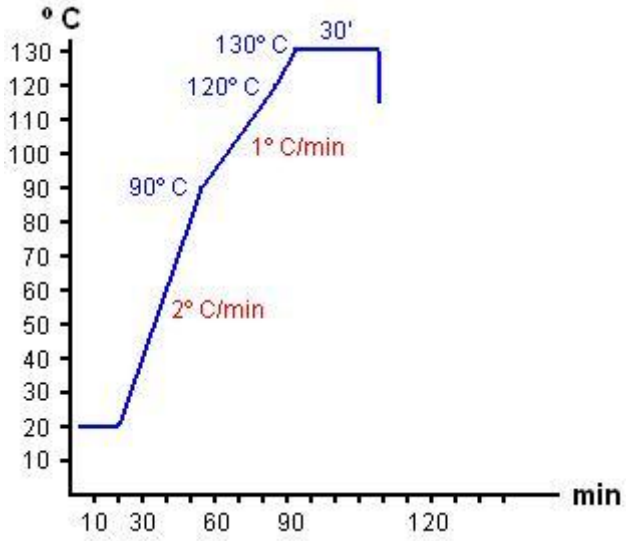


Fig. 112

A. **Teñido**

- 1 – 2 g/l de sulfato de amonio
- 0,5 – 1 g/l de dispersante
- 1 g/l de secuestrante
- 0,1 – 0,3% de igualante
- X% de colorante disperso
- pH 4,5 – 5 con ácido acético
- Temperatura: 130º C
- Tiempo: 60 minutos

B. **Lavado reductivo**

Igual al sistema discontinuo a 100º C con carrier

Teñido de mezclas algodón/poliéster por agotamiento en un baño y dos fases

I. **Teñido del poliéster**

- 0,5 – 1 g/l de sulfato de amonio
- 0,5 – 1 g/l de dispersante
- x% colorantes dispersos
- Ácido acético para pH 4,5 – 5
- Temperatura 130º C
- Tiempo 45 minutos

II. **Teñido del algodón**

- Cloruro de sodio (de acuerdo al % de matiz)
- Carbonato de sodio (de acuerdo al % de matiz)

- 0,5 – 1 g/l de igualador
- 1 g/l de tripolifosfato de sodio
- x% colorantes reactivos
- Ácido acético hasta llegar a pH 5
- Temperatura 60º C
- Tiempo 60 minutos

III. **Neutralizado**

- Enjuague en frío con abundante agua
- Enjuague con ácido acético hasta pH 5, en frío

IV. **Jabonado**

- 0,5 g/l de carbonato de sodio
- 1 g/l de detergente aniónico
- Temperatura 98º C
- Tiempo 15 -20 minutos

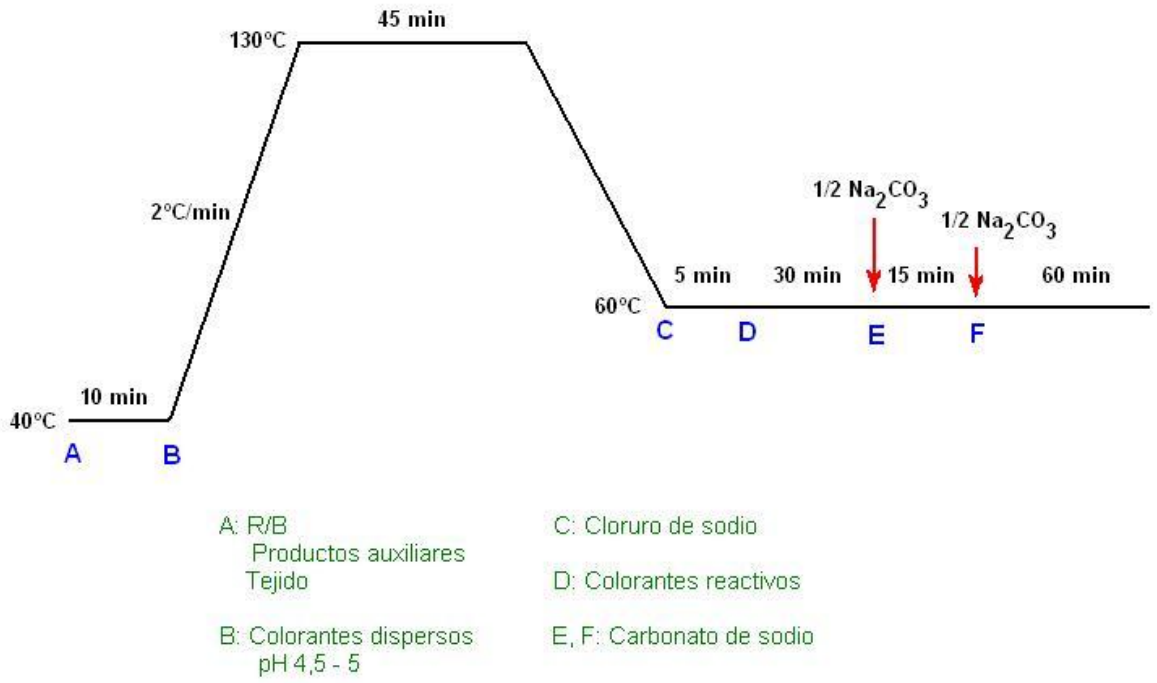


Fig. 113

Método de disolución de los colorantes dispersos

- ☐ Microdispersos
  - Empastar en agua fría.
  - Añadir agua tibia a 40º C sobre la pasta, bajo agitación constante. El volumen del agua debe ser de 15 a 20 veces el peso del colorante.
  - Utilizar mezclador de baja rotación.

- ☐ Granulado
  - Verter lentamente y bajo agitación constante sobre agua tibia (40º C). El volumen de agua debe ser de 15 a 20 veces el peso del colorante.
  - Utilizar mezclador de baja rotación.

TEÑIDO DE LA LANA

Tintura con colorantes ácidos

Método 1

En A con el baño a 50º C:

- 4% de ácido sulfúrico (96%)
- 5% de sulfato de sodio anhidro

pH 2,5 – 3,5

En B se añade el colorante

En C añadir 2% de ácido sulfúrico (96%)

Luego botar baño y enjuagar con agua blanda

Método 2

En A con el baño a 50º C:

- 2% de ácido fórmico (85%)
- 5% de sulfato de sodio anhidro

pH 3,5 – 4,5

En B se añade el colorante

En C añadir 2% de ácido fórmico (85%)

Luego botar baño y enjuagar con agua blanda

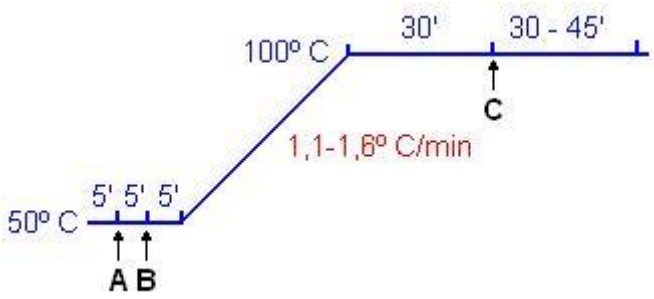


Fig. 114

Método de disolución de los colorantes ácidos

- Empastar en agua blanda fría.
- Añadir agua hirviendo. Usar un volumen de acuerdo a la cantidad del colorante y su solubilidad.

- Hervir por algunos minutos.

Tintura con colorantes pre-metalizados 1:1

Con el baño a 50º C:

- Ácido sulfúrico hasta pH 1,8 – 2,5 o ácido fórmico hasta pH 3 – 4
- 5% de sulfato de sodio anhidro
- Agente igualador

A 60º C añadir el colorante disuelto

Subir a 100º C a 1ºC por minuto

Mantener de 30 a 90 minutos, dependiendo de la concentración del colorante

Bajar a 70º C y botar baño

Enjuagar en frío y botar baño

Lavar a 70º C

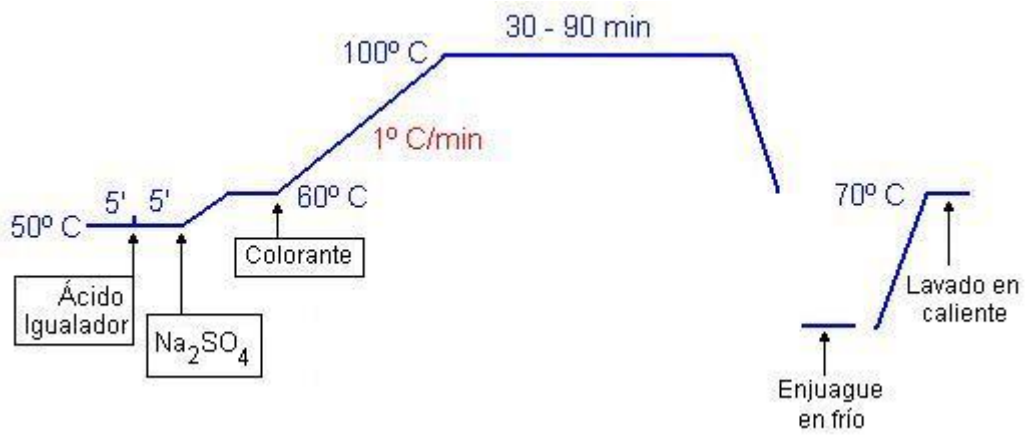


Fig. 115

TEÑIDO DE FIBRAS ACRÍLICAS

Las acrílicas son fibras que contienen cargas aniónicas (negativas) que atraen a los colorantes catiónicos. Esta atracción entre polos opuestos es llamada polar.

Hay dos tipos de fibras acrílicas:

- **HB**: En la tintura de hilos se requiere un pre encogimiento por vaporización o agua hirviente. El hilo encoge cerca del 30% y queda con un tacto voluminoso, con aspecto de lana.
- **Regular**: Las fibras ya vienen pre encogidas antes de los procesos de hilandería. El aspecto de estos hilos es sedoso y se destinan a sustratos de verano.

Como la atracción polar entre el colorante y la fibra es muy fuerte, hay que tener cuidados especiales durante la tintura. El uso de retardantes es importante debido a la pequeña faja de temperatura de subida, para evitar un montaje rápido e irregular del colorante.

Cada fibra acrílica, conforme la marca comercial, tiene un comportamiento tintóreo diferente, exigiendo procesos diferentes: temperatura inicial, rango de subida, porcentaje de retardante, etc.

Método de disolución de los colorantes catiónicos

- Empastar con una solución de ácido acético 40%.
- Añadir agua hirviendo bajo agitación constante.

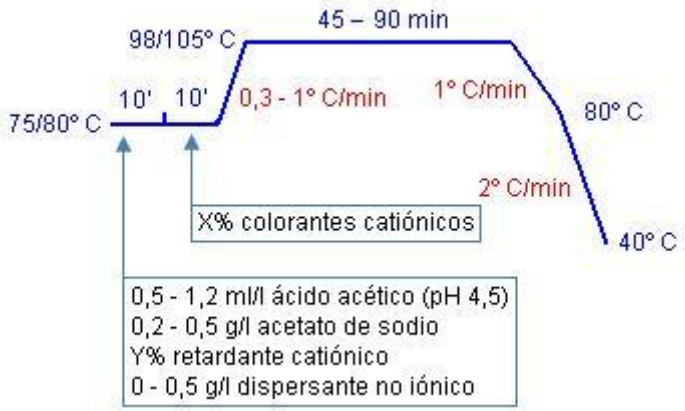


Fig. 116

BLANQUEO ÓPTICO

Desde los años 50, la industria de los detergentes se ha caracterizado por una constante búsqueda de un blanco más perfecto. Este es un reflejo de la demanda social ya que las prendas blancas son las más usadas por los consumidores. Hasta esa década, el blanqueo de tejidos consistía básicamente en un proceso químico de oxidación. Este blanqueo químico se realizaba sobre las fibras naturales para eliminar pigmento que las amarillean; agentes oxidantes como el NaClO o el H_2O_2, decoloran y eliminan la mayoría de agentes colorantes sintéticos y naturales.

Sin embargo el grado de blanco conseguido por blanqueo químico contiene un matiz amarillento (amarillo residual) que no permite alcanzar un blanco verdadero. En algunos casos es necesario aplicar un segundo proceso de blanqueo químico, disminuyendo (pero no eliminando por completo) la amarillez residual del sustrato.

Para compensar – hasta cierto punto – el matiz amarillo del blanco químico, la colorimetría nos dice que debemos emplear el color azul, pues es su opuesto[12], es por ello que durante muchos años, las amas de casa durante el lavado de prendas blancas, añadían un tinte azul en el último enjuague, obteniéndose un blanco más limpio, el inconveniente radicaba que este tinte azulado era fugaz y debía ser aplicado en cada nuevo lavado. Además, aunque se mejora el matiz azul (mejora la coordenada **b**), el sustrato refleja menos luz debido a que aumenta la absorción, a efectos prácticos esto conduce a una pérdida de luminosidad (empeora la coordenada **L**).

La solución fue desarrollar sustancias fluorescentes que absorbieran el espectro UV y emitieran luz visible en el espectro azul. Con estos agentes de blanqueo se mejora el matiz azul sin perder luminosidad, puesto que la región ultravioleta absorbida no puede ser percibida por el ojo humano.

Funcionamiento de los blanqueadores ópticos

Los blanqueadores ópticos son por general cuerpos incoloros o ligeramente coloreados que poseen la propiedad de absorber la luz ultravioleta invisible y emitirla como luz visible de una longitud de onda determinada (y que en muchos casos corresponde a la banda espectral violeta, azul y hasta verde),

[12] Más adelante se explica la teoría del color.

con lo que se tiene un aumento de la cantidad de luz emitida por el cuerpo, con el siguiente incremento de la sensación de blanco, es decir, basan su acción en el principio de la fluorescencia.

El efecto blanqueador del agente fluorescente es un efecto aditivo, es decir, la coloración amarillenta es corregida por la adición de la luz suministrada por el blanqueador y proporcionada por la luz ultravioleta invisible[13].

Proceso

El blanqueo óptico no es un teñido, sino un proceso realizado sobre artículos que tendrán como color final el blanco puro, realizándose normalmente luego de las operaciones de preparación (descrude y blanqueo), aunque en los sistemas por agotamiento también es común efectuar operaciones de descrude, blanqueo químico y blanqueo óptico de forma simultánea, en el mismo baño.

Cuando se tiñen colores claros, en algunos casos se tiñen sobre sustratos blanqueados ópticamente o bien se añaden cantidades de blanqueador óptico durante la tintura, para incrementar la percepción de *limpieza* del color.

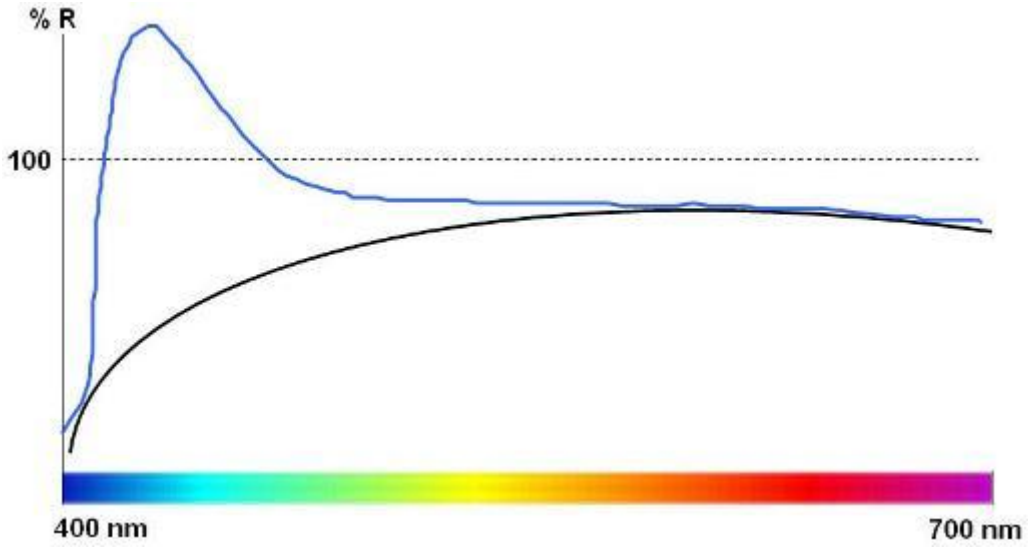


Fig. 117 Curvas de reflectancia de una muestra con blanqueo químico (línea negra) y de una muestra con blanqueo óptico (línea azul)

[13] Hay que recordar que la luz del sol contiene un 5% de luz ultravioleta, tal como se indicó en el libro IV (Tejeduría), en la sección *Inspección de tejidos, la luz ultravioleta*.

DESARROLLO DEL COLOR

Cuando un cliente realiza el envío de una muestra coloreada, antes de efectuar el teñido de los lotes, se siguen los siguientes pasos:

a) **Análisis del color / selección de colorantes**

Se evalúa algunas consideraciones respecto al color enviado, como:

- Presencia de óptico en el sustrato.
- Iluminante (o iluminantes) bajo el cual se realizará la evaluación del color.
- Selección de los colorantes de acuerdo a su compatibilidad, costo total (de insumos y del proceso), metamerismo y solidez.
- Los procesos de preparación (descrude, blanqueo, mercerizado, antipilling) o de acabado (blanqueo óptico, suavizado, resinado) que debe someterse al sustrato.

Algunos espectrofotómetros vienen con un software integrado que permite generar varias opciones de recetas de acuerdo a una base de datos (pre ingresados) de los colorantes que se dispone en la empresa, como el *Datacolor Match Textile*, del sistema *Datacolor*.

Recipe table of !J0025~1 22 / 100%

Standard	: Sam. 01 Blue	Group	:
Dye Set	: Terasil (Dispers)	Dyed	:
Substrate	: PES Blanc Dyeing	Effect	: 1.0
Process	: PES Exhaust	Effect	: 1.0 Unit : %

Dyestuff	1 (3)	2 (3)	3 (3)	4 (3)	5 (3)	6 (2)	7 (3)
Terasil Golden Yellow 4G	0.0099	---------	---------	---------	---------	---------	---------
Terasil Orange 2RL	---------	---------	0.0213	---------	---------	---------	---------
Terasil Red 5G	---------	---------	---------	0.0244	---------	---------	---------
Terasil Red R	---------	---------	---------	---------	0.0469	0.0464	0.0388
Terasil Brill. Blue BGE 200%	---------	---------	---------	---------	---------	---------	1.7399
Terasil Brill. Blue 3RL	1.2383	1.2418	1.4255	1.5164	1.7197	1.8074	---------
Terasil Violet BL	0.6498	0.5276	0.4086	0.2882	0.0345	---------	1.0018
Terasil Black SRL 200%	---------	0.0407	---------	---------	---------	---------	---------
Total concentration	**1.8980**	**1.8100**	**1.8555**	**1.8290**	**1.8011**	**1.8538**	**2.7805**
	000	000	000	000	000	000	000
dE D65/10 CMC 1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Metamerism CWF/10 0.80	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	1.3
Metamerism A/10 0.40	0.0	0.3	0.6	0.8	1.0	1.1	3.0
Cost 0.00	60.31	55.65	55.97	53.39	49.49	50.42	99.85

Fig. 118 Generación de las posibles recetas para llegar a un color, se muestran 7 de ellas de acuerdo al surtido de colorantes. En las filas inferiores se estiman los valores de metamería y costo de cada opción.

Además el software permite proyectar la curva de reflectancia (%R) y el gráfico K/S.

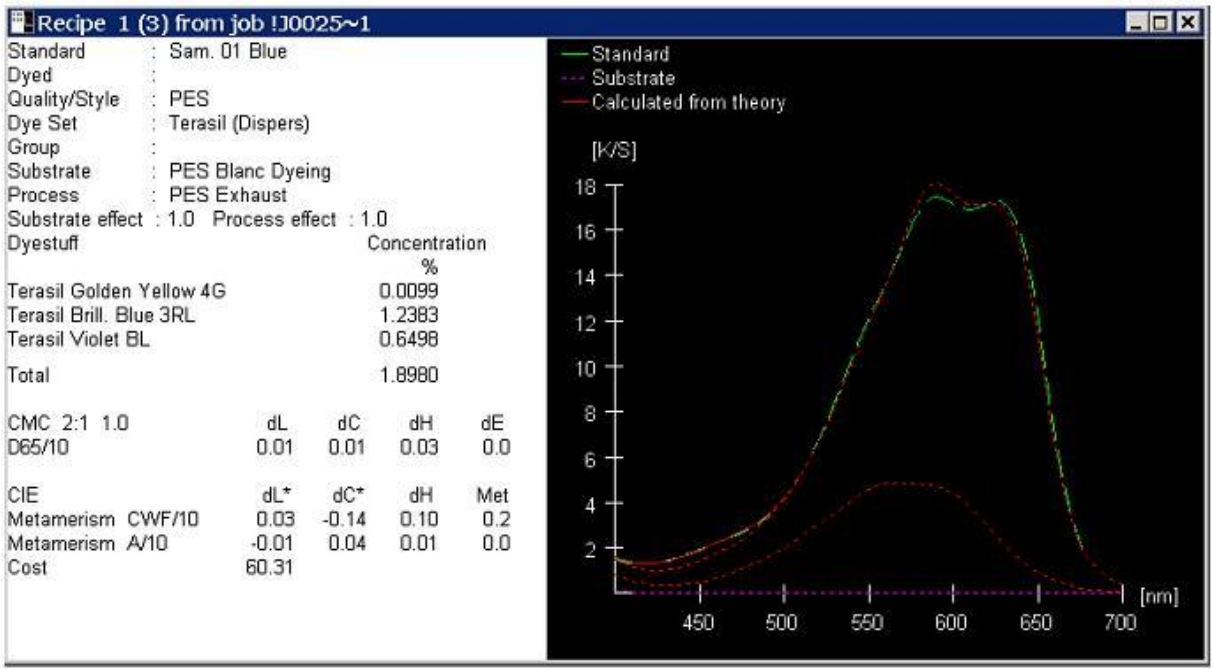


Fig. 119 Proyección de la curva K/S de una receta

Tabla de recetas de!J3634~1 10 / 100%

Patrón	: !17-0133 TC	Grupo	:
Fam. Color.	: CIB. ACABADO 7789	Imitación	:
Sustrato	: 7789 30300	Efecto	: 1.0
Proceso	: PAD BATCH	Efecto	: 1.0 Unidad : g/l

Colorante	1 (3)	2 (3)	3 (3)	4 (3)	5 (2)	6 (3)	7 (3)	8 (3)
CIBACRON AMARILLO C-5G	10.0508	11.6734	12.1893	12.6944	12.1930	12.8114	8.5776	3.2905
CIBACRON AMARILLO NP	--------	0.4126	--------	--------	--------	--------	--------	6.5596
CIBACRON NARANJA BR	0.3684	--------	--------	--------	--------	--------	3.0568	--------
CIBACRON NARANJA BTE. FN-R	--------	--------	0.0850	--------	--------	--------	--------	--------
CIBACRON ROJO FN-R	--------	--------	--------	0.1742	--------	1.5165	--------	--------
CIBACRON TURQUESA GN	--------	--------	--------	--------	--------	12.1783	15.2820	15.8912
CIBACRON AZUL FN-R	4.2973	4.0820	4.0903	3.9606	4.1795	--------	--------	--------
Concentración Total	**14.7164**	**16.1680**	**16.3647**	**16.8293**	**16.3725**	**26.5063**	**26.9164**	**25.7413**
Origen	2 / 1264	000	000	000	000	000	000	000
dE D65/10 CMC 1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
Metameria CWF/10 0.80	0.5	0.5	0.6	0.4	0.7	2.5	3.1	3.3
Metameria A/10 0.40	0.5	0.4	0.5	1.0	1.5	1.8	5.7	6.8
Coste 0.00	0.35	0.39	0.39	0.41	0.40	0.42	0.35	0.29

Fig. 120 Impresión en papel de las posibles recetas para un color, en teñidos con colorantes reactivos

b) **Generación del lab dip**

Al color del cliente se le asigna un código de lab dip, esto vendría a ser – por llamarlo de algún modo – el nombre de su desarrollo.

c) **Desarrollo del color**

Una vez elegidos los colorantes, se procede a efectuar las corridas hasta llegar al color de la muestra enviada por el cliente. Conforme se va avanzando, los porcentajes de colorantes se van ajustando para llegar al tono. La valoración del color puede hacerse de forma visual, o también con ayuda del espectrofotómetro, para ir corrigiendo sucesivamente la receta.

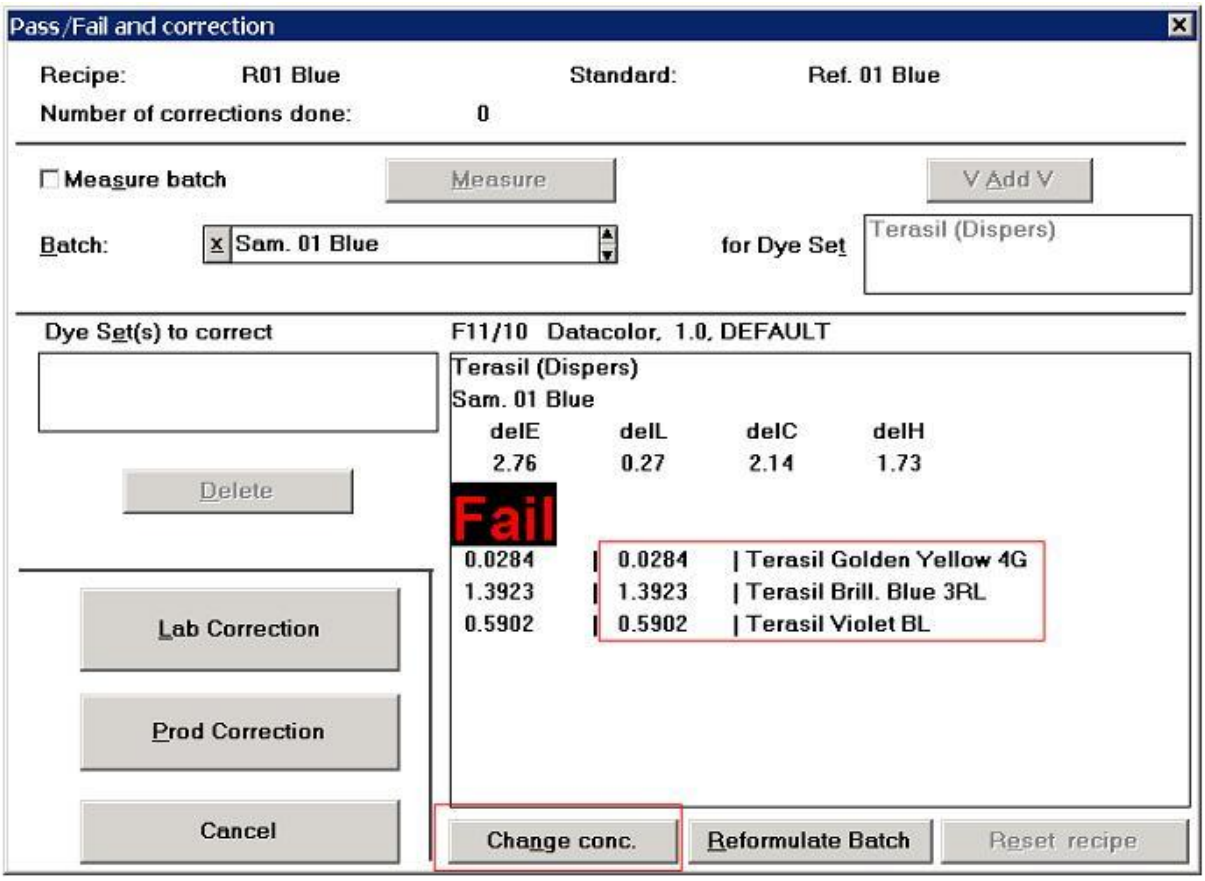


Fig. 121 Lectura de un tejido teñido (Falla) para su corrección y ajuste.

d) **Elaboración de muestrario (carta)**
En esta etapa, se preparan dos o tres opciones del color desarrollado para ser enviadas al cliente para su aprobación.

e) **Aprobación del cliente**
El cliente aprueba una opción (o la puede aprobar con algunos comentarios), o solicita el envío de otras opciones, si ninguna de las muestras le satisface.

f) **Elaboración de la receta de planta**
Se procede a realizar los cálculos para el teñido del color en las máquinas de planta, en algunos casos se repite la receta en el laboratorio para verificar la repetitividad. Es posible que se necesiten hacer algunos ajustes menores en la receta, dependiendo de las condiciones de las máquinas.

g) **Teñido en planta**

Es el proceso de tintura del lote empleando la maquinaria industrial.

Se monitorean constantemente todas las partidas, principalmente en su color y sus solideces, como explicaremos más adelante.

CÁLCULOS RELATIVOS AL DESARROLLO DE COLOR EN LABORATORIO

Cuando se trabaja con el colorante calculado porcentualmente sobre el peso del material a teñir

Por ejemplo, si se desea teñir 250 kg de tejido al 2% spm (= 2% de matiz), entonces se necesitan 5 kg de colorante. Esto es si el colorante presenta una concentración del 100%. Pero no siempre los colorantes se presentan así, entonces aplicamos la fórmula:

$$Peso\ del\ colorante\ (g) = \frac{\%M \cdot Peso\ del\ sustrato\ (g)}{Concentración\ del\ colorante\ (\%)}$$

Esta fórmula generalmente se usa cuando se evalúa el rendimiento de un colorante, o se compara colorantes.

Para tener medidas más exactas, el colorante es diluido en soluciones que pueden ser de: 1 gramo en 100 mililitros de agua, 1 gramo en 1 litro de agua, o a conveniencia.

Siguiendo un ejemplo: Si necesitamos 5 miligramos (0,005 g) de colorante, entonces diluimos 1 gramo de colorante en 1 litro de agua y de esta solución preparada tomaremos 5 mililitros.

$$ml\ requeridos\ de\ colorante = \frac{\%M \cdot Peso\ del\ sustrato\ (g)}{concentración\ del\ colorante\ (g\ \ 100\ ml)}$$

$$ml\ requeridos\ de\ colorante = \frac{\%M \cdot Peso\ del\ sustrato\ \ g\ \ \cdot V}{100}$$

Donde V es el volumen de agua (en mililitros) en el que se ha disuelto 1 gramo de colorante

Ejemplo: De una solución preparada 1/400 ml para un 3%M ¿cuántos ml de colorante diluidos se deben medir, si se desea teñir 5 gramos de material?

Los resolveremos empleando las dos fórmulas

$$\text{ml requeridos de colorante} = \frac{3\% \cdot 5\ \text{g}}{0{,}25\ \text{g}\ \ 100\ \text{ml}} = 60$$

$$\text{ml requeridos de colorante} = \frac{3\% \cdot 5\ \text{g} \cdot 400}{100} = 60$$

Cuando se trabaja con el colorante calculado según el baño de teñido

Como vimos anteriormente, en el sistema continuo la concentración del colorante en el baño de teñido se da en gramos por litro (*Véase la pág. 37*).

Primero debemos calcular el porcentaje de retención de baño del tejido (pick up).

$$\%\ pick\ up = \frac{Peso\ húmedo - Peso\ seco}{Peso\ seco} \cdot 100$$

Luego aplicar la fórmula:

$$g/l\ de\ colorante = \frac{\%M \cdot 1000}{\%\ pick\ up}$$

Recordemos que si conocemos el peso del tejido y su pick up, podemos calcular el volumen de baño total para teñirlo[14].

Ejemplo: Calcular la concentración de un colorante (en g/l) en un baño de teñido, si el porcentaje de matiz es 2 y el pick up del tejido es 65%.

$$g\ \ l = \frac{2\% \cdot 1000}{65\%} = 30{,}8$$

[14] Véase PORCENTAJE DE RETENCIÓN (PICK UP) DE UN TEJIDO

EL COLOR

La concepción moderna del color nació con el descubrimiento de la naturaleza espectral de la luz que hizo Isaac Newton en el siglo XVII.

Newton creía que la luz era un flujo de partículas. Sus experimentos con prismas de cristal demostraron que la luz se podía fraccionar en varios colores individuales. Es más, llegó a la conclusión de que las luces de distintos colores tenían diferentes grados de refracción; por ejemplo, la luz azul se desviaba más que la roja al pasar del aire a un medio con un índice de refracción mayor, como es el caso de un prisma de cristal.

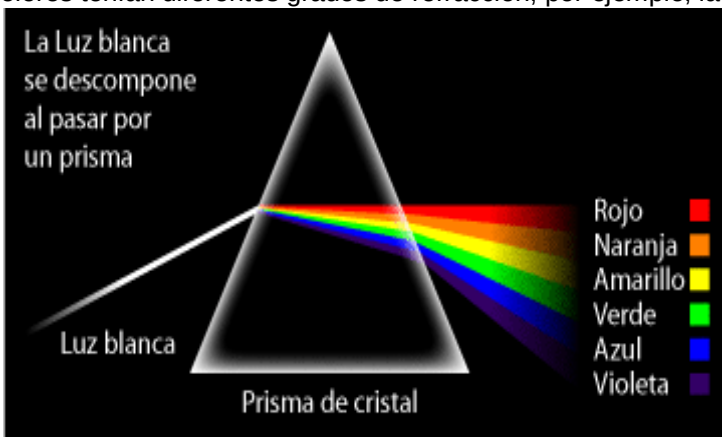


Fig. 122

Ahora sabemos que los famosos experimentos de Isaac Newton demostraban que la luz blanca estaba formada por energía de distintas longitudes de onda. Esta descomposición pone de manifiesto que la luz blanca es el resultado de la asociación de un gran número de radiaciones coloreadas.

Louis de Broglie (1924) demostró que las radiaciones luminosas son ondas electromagnéticas, al igual que los rayos X (utilizados en las radiografías) y las ondas radioeléctricas y por consiguiente, pueden ser definidas por su frecuencia o *longitud de onda*.

Cualquier radiación de energía electromagnética, luz visible incluida, se puede concebir en forma de onda. La energía se mueve hacia adelante como una ola, y la distancia entre cada una de sus crestas es lo que se llama longitud de onda (*wavelenght*), que se referencia con la letra griega lambda (λ).

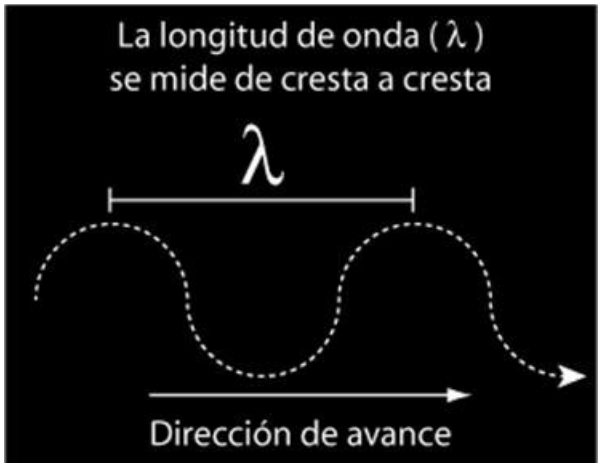


Fig. 123

La unidad que se utiliza para medir e identificar las longitudes de onda de las radiaciones luminosas es el nanómetro (1 nanómetro = 10^{-9} m).

El espectro electromagnético es muy amplio como se podrá observar en la figura 124.

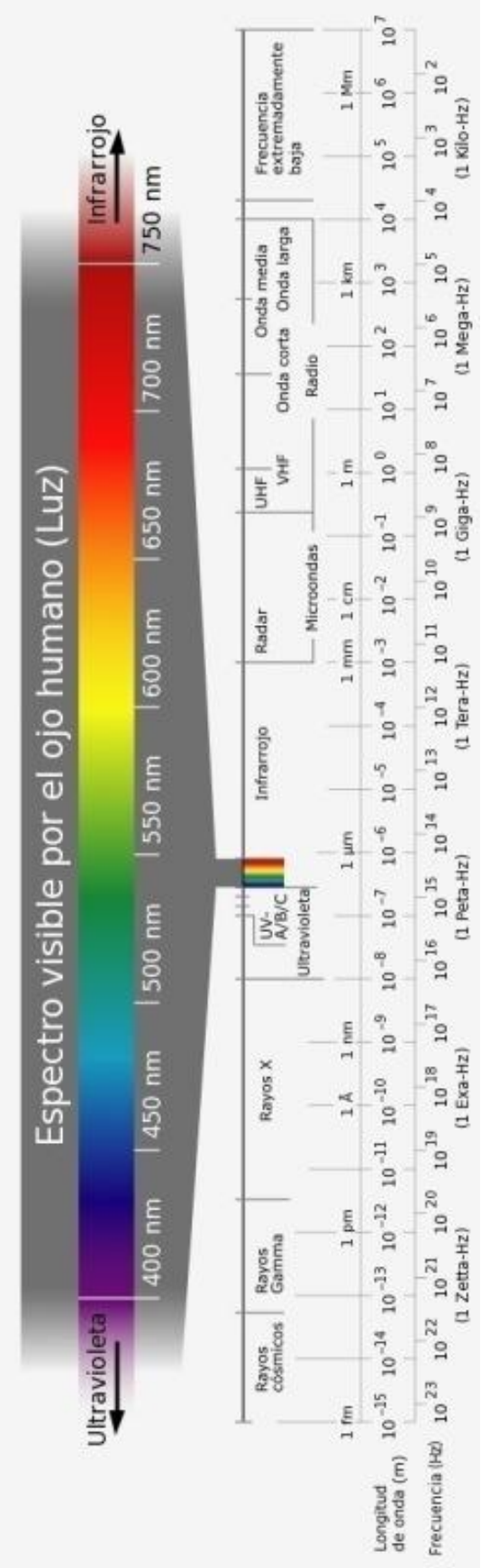


Fig. 124 Espectro cromático

El espectro visible contiene radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nanómetros. Este espectro se distribuye de la siguiente manera:

Color	Longitud de onda (nanómetros)
violeta	400 – 450
azul	450 – 490
verde	490 – 560
amarillo	560 – 590
naranja	590 – 630
rojo	630 – 700

Tabla 6

Concepto de color

El color viene a ser la sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda.

ESTUDIO DEL COLOR

La problemática del color y su estudio son muy amplios, pudiendo ser abordados desde el campo de la física, la percepción fisiológica y psicológica, la significación cultural, el arte, la industria etc.

El conocimiento que tenemos y hemos adquirido sobre el color en la escuela elemental, hace referencia al color pigmento y proviene de las enseñanzas de la antigua Academia Francesa de Pintura que consideraba como colores primarios (aquellos que por mezcla producirán todos los demás colores) al rojo, el amarillo y el azul. En realidad existen dos sistemas de colores primarios: colores primarios luz y colores primarios pigmento.

El blanco y negro son llamados colores acromáticos, ya que los percibimos como *no colores*.

SÍNTESIS ADITIVA. (Color luz)

Los colores producidos por luces (en el monitor de nuestra computadora, en el cine, televisión, etc.) tienen como colores primarios, al rojo, el verde y el azul (RGB) puesto que con estos tres colores se pueden conseguir todos los demás colores incluido el blanco, por eso a esta mezcla se le denomina síntesis aditiva y las mezclas parciales de estas luces dan origen a la mayoría de los colores del espectro visible. Con la mezcla de dos primarios se obtiene un secundario.

Fig. 125

Primarios				Secundarios	
rojo	+	verde	=	amarillo	Estos colores son siempre saturados puesto que falta el tercer primario que produciría la desaturación al crear, según su proporción, mayor o menor cantidad de blanco.
verde	+	azul	=	cyan	
azul	+	rojo	=	magenta	

Solamente se produce el blanco cuando la proporción de los componentes es adecuada, en caso contrario se produce un color terciario más o menos saturado.

azul	+	rojo	+	verde	=	blanco
		rojo	+	cyan	=	blanco
		verde	+	magenta	=	blanco
		azul	+	amarillo	=	blanco
amarillo	+	cyan	+	magenta	=	blanco

SÍNTESIS SUSTRACTIVA. (Color pigmento)

Partiendo de la luz blanca podemos obtener la sensación de todos los colores si a esta mezcla de todas las radiaciones le sustraemos parte de ellas. Esto lo podemos conseguir de diversas formas pero todas ellas filtran la luz blanca dejando pasar sólo determinadas radiaciones y obteniéndose por tanto un determinado color.

Los primarios de la síntesis sustractiva suelen ser los complementarios de la síntesis aditiva, es decir, el magenta, cyan y amarillo. Son éstos los colores básicos de las tintas que se usan en la mayoría de los sistemas de impresión, motivo por el cual estos colores han desplazado en la consideración de colores primarios a los tradicionales *amarillo*, *rojo* y *azul*.

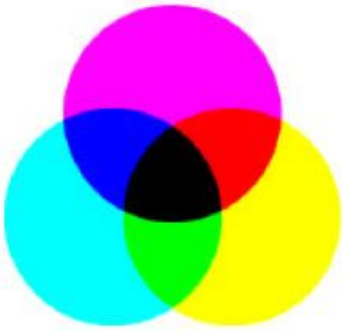


Fig. 126

Luz que incide	Filtro	Luz que pasa	Luz sustraída
blanca	magenta	rojo + azul	verde
blanca	cyan	azul + verde	rojo
blanca	amarillo	rojo + verde	azul
blanca	magenta + cyan	azul	verde y rojo
blanca	magenta + amarillo	rojo	verde y azul
blanca	cyan + amarillo	verde	rojo y azul

blanca	cyan + amarillo + magenta	negro	rojo, azul y verde

La mezcla de los tres colores primarios pigmento en teoría debería producir el negro, el color más oscuro y de menor cantidad de luz, por lo cual esta mezcla es conocida como síntesis sustractiva. En la práctica el color así obtenido no es lo bastante intenso, motivo por el cual se le agrega negro pigmento conformándose el espacio de color CMYK (***c****yan,* ***m****agenta,* ***y****ellow, blac****k***)

Los procedimientos de teñido para colorear materiales textiles, conocidos como bicromías, tricomías y cuatricomías se basan en la síntesis sustractiva.

La luminosidad del color resultante por síntesis sustractiva es menor que la mayor luminosidad de los colores que intervienen, ya que se sustrae luz.

ELEMENTOS DEL COLOR[15]

El color es una percepción de luz por un observador, que ha sido modificada por un objeto. Por consiguiente existe un trinomio formado por la **fuente de luz**, el **objeto** y el **observador**, éstos vienen a ser los componentes del color.

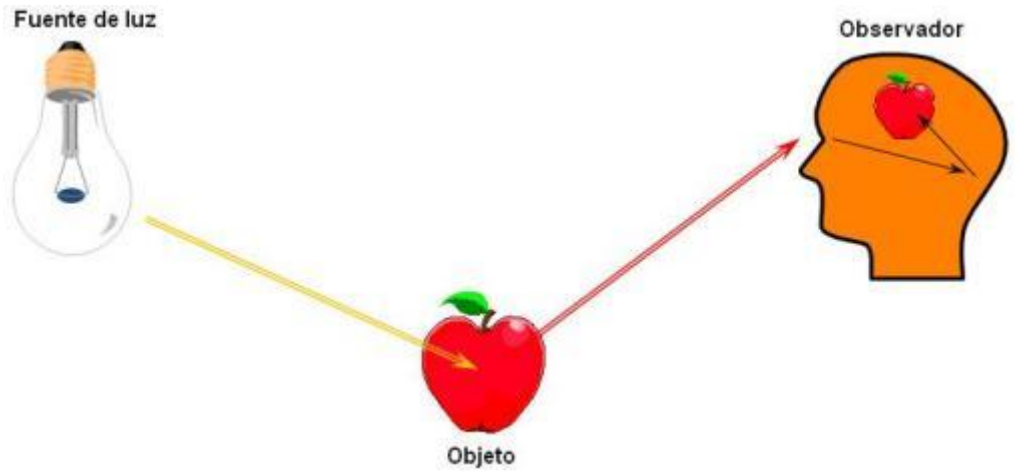


Fig. 127

Si alguno de estos tres componentes cambia, también cambia el color.

FUENTE DE LUZ

Es el elemento que emite el haz de luz sobre el objeto.

Temperatura de color

Vamos a estudiar la luz en cuanto a la cualidad de la misma. La temperatura de color de una fuente de luz depende de la distribución de la luz emitida en la parte visible del espectro. Desde el punto de vista científico, representa la temperatura a la que se debe calentar un “cuerpo negro” para que emita una luz del mismo color que la de la fuente de luz estudiada. Por ser una temperatura, se mide en Kelvin (K).

El color, por ejemplo, de la llama de una vela, es similar al de un cuerpo negro calentado a unos 1800 K, y la llama se dice entonces, que tiene una “temperatura de color” de 1800 K.

[15] Dado que en la tintorería se trabaja bajo la síntesis sustractiva del color, en este punto nos referiremos a los componentes del color bajo este modelo.

Cuando en una fuente de luz predomina el rojo, se dice comúnmente que es una luz “cálida”, por el contrario si predomina el azul se dice que es “fría”. ¿Será técnicamente cierto?

Al calentar una pieza de metal (un cuerpo negro teórico), cambia de color rojizo a naranja, amarillo, blanco, blanco azulado. El color de la luz emitida por un objeto incandescente depende sólo de la temperatura.

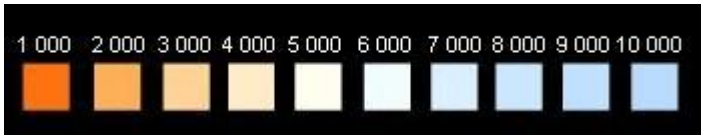


Fig. 128 Color aproximado de un cuerpo negro, con su temperatura en Kelvin

Debido a la gran variedad de fuentes de iluminación, se ha hecho necesaria su estandarización y recomendación para uso internacional, para este efecto, la CIE[16] ha adoptado los siguientes patrones de fuentes de luz:

- **A** (Incandescente): Representa la luz irradiada por un filamento de tungsteno operando a una temperatura de 2856 K.
- **C** (Daylight, no UV): Temperatura de color de 6774 K. Representa a la luz de día en el hemisferio norte del planeta.
- **D50** (Daylight, inc UV): Temperatura de color de 5000 K. También conocida como luz *Horizon*. Representa a la luz del amanecer y del atardecer.
- **D65** (Daylight, inc UV): Representa a la luz del mediodía, tiene una temperatura de color de 6504 K
- **D75** (Daylight, inc UV): Temperatura de color de 7500 K. Representa a la luz de un día nublado.
- **F2** *CWF* (Cool White Fluorescent): Luz blanca fría con una temperatura de color de aproximadamente 4230 K. Se utiliza en ambientes de oficina.
- **F7** (Daylight White Fluorescent). Similar a la D65, representa a la luz emitida por una lámpara fluorescente de banda ancha con una temperatura de color de 6500 K.
- **F11** *TL84* (Three narrow band white F): Representa a la luz de una lámpara fluorescente de tres bandas. Tiene una temperatura de color de 4000 K y se utiliza en la iluminación de grandes almacenes de Europa.
- **F12** (Ultralume 3000)

16 Commission Internationale de l'Éclairage (Comisión Internacional de Iluminación).

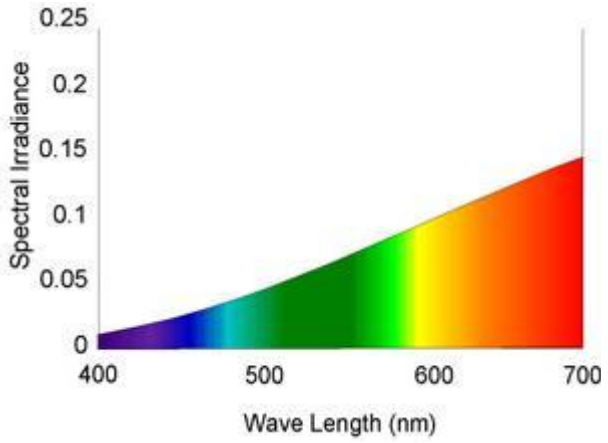


Fig. 129 Luz incandescentes (A)

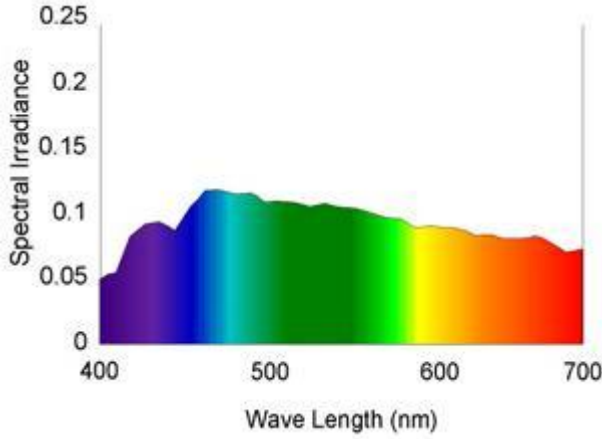


Fig. 130 Luz de día (D65)

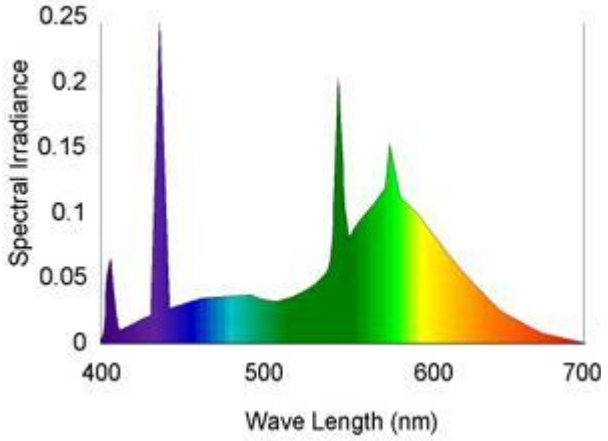


Fig. 131 Luz fluorescente blanca fría (CWF)

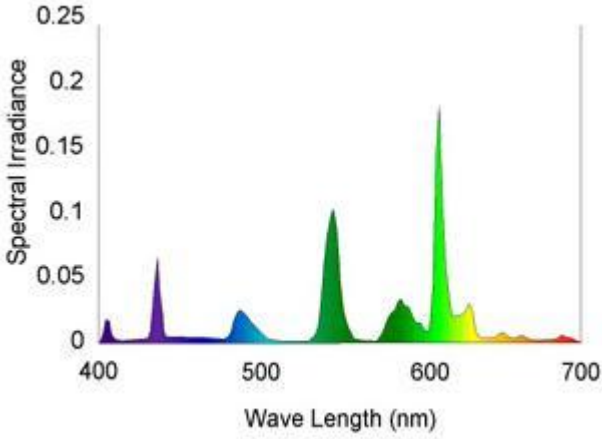


Fig. 132 Luz fluorescente de tres bandas (TL84)

Fuente de luz no es lo mismo que iluminante

Una fuente de luz es un objeto físico capaz de producir luz, mientras que un iluminante es un conjunto de números estándar los cuales pueden o no representar exactamente una fuente de luz física.

INCONSTANCIA DEL COLOR (FLARE)

Es el cambio de color de un objeto al ser observado bajo diferentes luces.

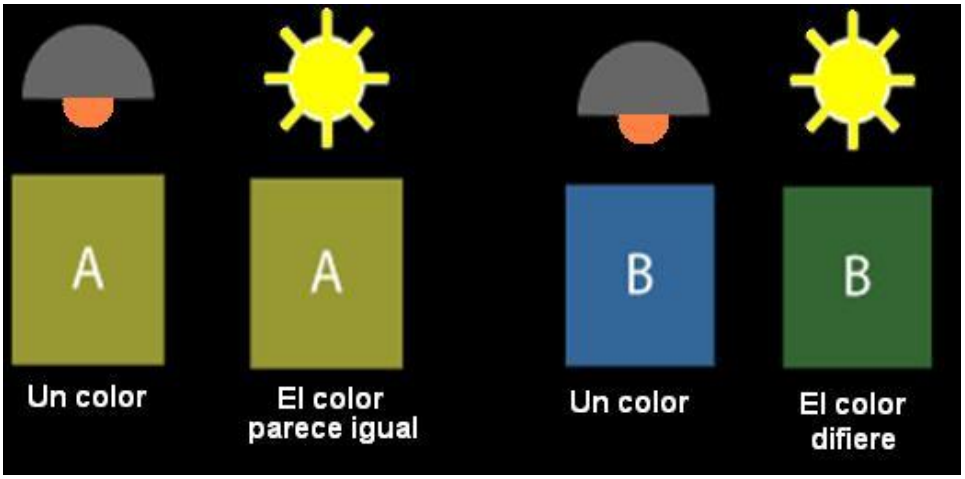


Fig. 133 El color de la muestra A permanece constante cuando cambia la fuente de luz. El color de la muestra B cambia al cambiar el tipo de luz, entonces se dice que la muestra B tiene *flare*.

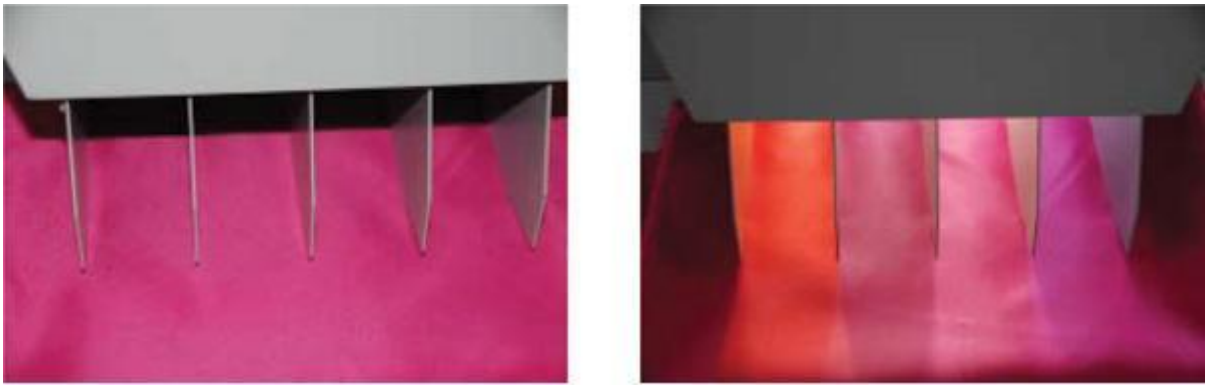


Fig. 134 En la imagen de la derecha un tejido muestra diferentes matices cuando se está bajo diferentes luces.

METAMERISMO

El metamerismo está presente cuando dos objetos lucen iguales bajo una condición de iluminación y diferentes al cambiar la condición de iluminación.

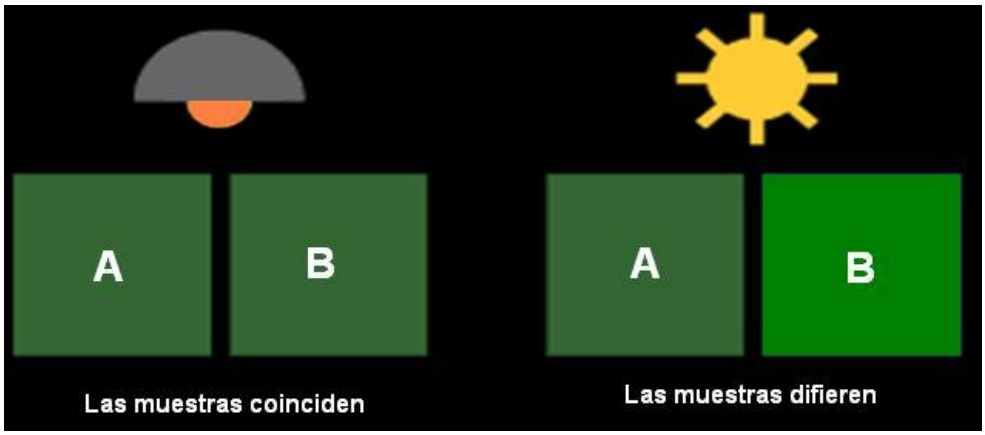


Fig. 135 Se habla de metamería cuando DOS muestras difieren en su color al cambiar la fuente de luz

El metamerismo depende de la receta de colorante.

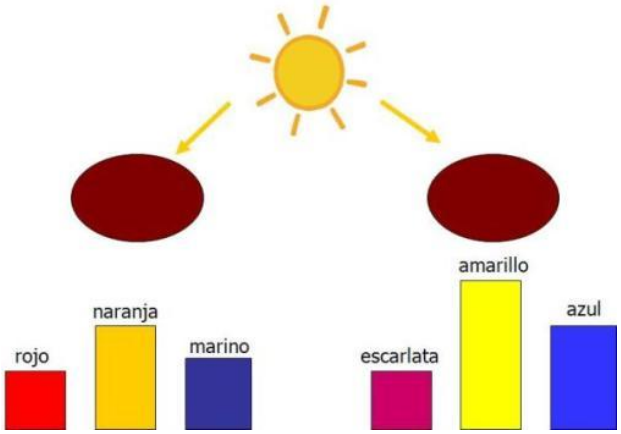


Fig. 136 Dos muestras teñidas con diferentes colorantes tienen el mismo color bajo una fuente de luz

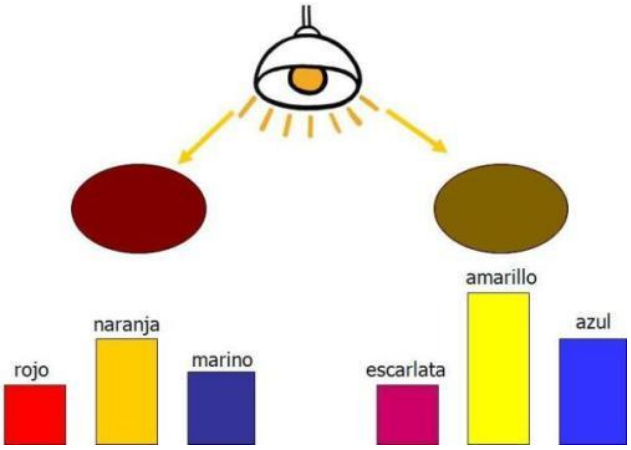


Fig. 137 Al cambiar la fuente de luz, ahora las muestras tienen colores distintos. Esto es debido a que fueron formuladas con colorantes distintos, en diferente proporción

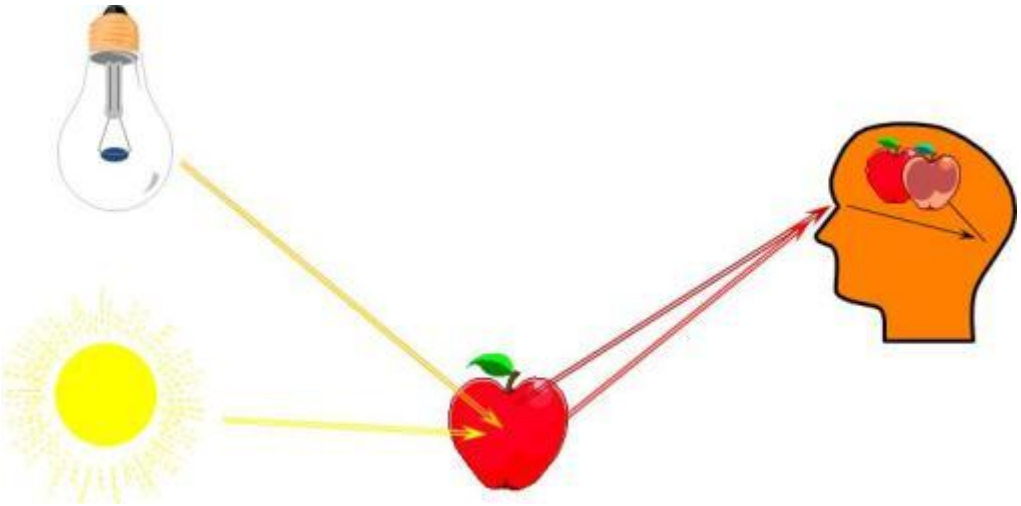


Fig. 138 La percepción del color varía según la fuente de luz

OBJETO

Es el elemento sobre el cual incide el haz de luz y lo refleja hacia el observador.

Propiedades del objeto respecto a la luz

Un haz de luz que incide sobre el objeto puede ser modificado o no, dependiendo de las propiedades que éste presente.

Transmisión

Los objetos que sólo transmiten luz no cambian las características espectrales ésta. La transmisión puede ser regular o difusa.

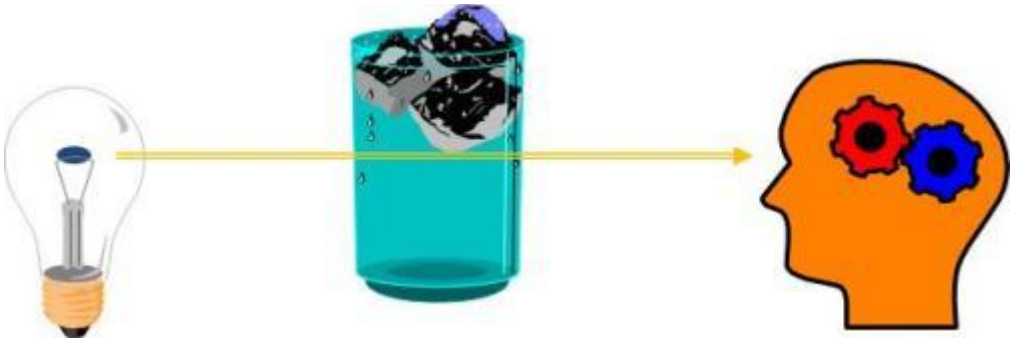


Fig. 139 Transmisión de la luz a través de un objeto

Absorción

Los objetos que absorben energía lumínica, usualmente re-emiten esa energía a longitudes de onda más largas en forma de color.

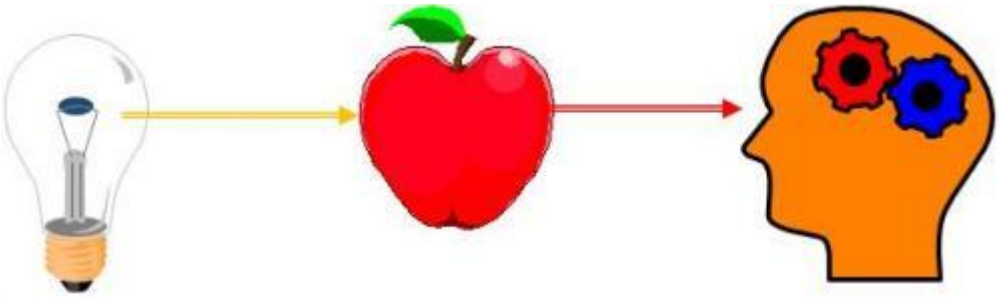


Fig. 140 Absorción de la luz por un objeto

Reflexión

Los objetos que reflejan luz no cambian las características espectrales de la luz.

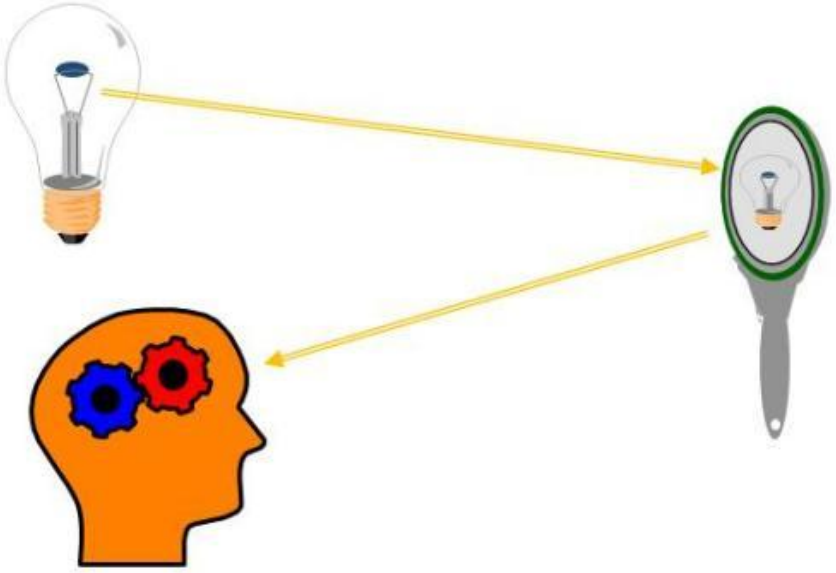


Fig. 141 Reflexión de la luz por un objeto

Dispersión

Los objetos que dispersan luz, reflejan energía luminosa a muchos ángulos diferentes. La dispersión puede ocurrir durante la reflexión o la transmisión.

Fig. 142 Dispersión de la luz por un objeto

Curvas espectrales

De la misma forma que definimos luz mediante una distribución de energía espectral, podemos definir la luz reflejada o transmitida por un objeto.

Las curvas espectrales de un objeto no cambian con la fuente de luz o el observador.

Una curva espectral representa un objeto solo, no representa un color, por lo tanto, son similares a una huella digital o a una firma. Esto quiere decir que los objetos pueden ser identificados mediante su curva espectral.

Objetos diferentes tienen curvas espectrales diferentes.

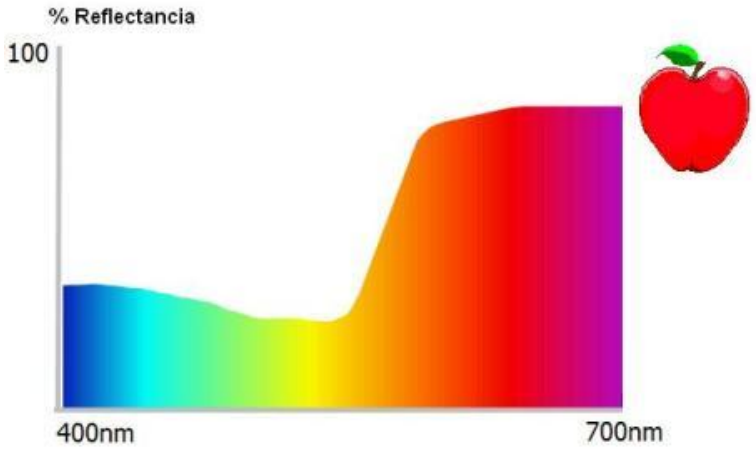


Fig. 143

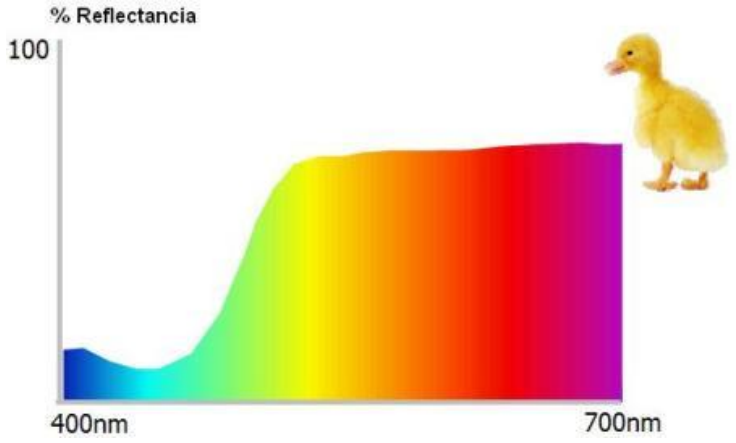


Fig. 144

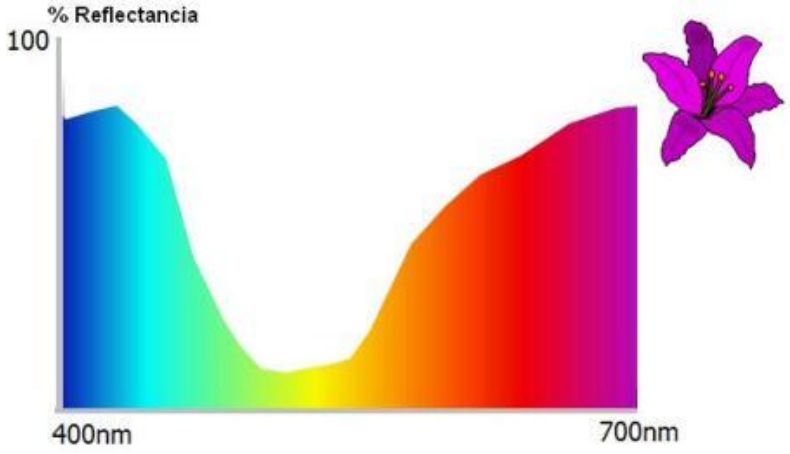


Fig. 145

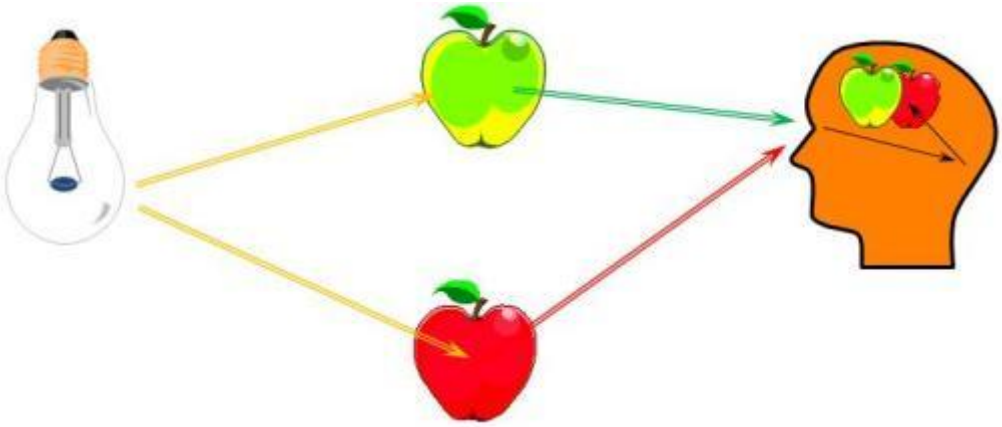


Fig. 146 La percepción del color varía según el objeto

OBSERVADOR

Es el elemento que recibe la luz reflejada por el objeto y en última instancia, quien percibe el color.

La retina contiene dos tipos de fotorreceptores, bastones y conos.

Los bastones más numerosos, unos 120 millones, son más sensibles que los conos, sin embargo no son sensibles al color. Son responsables de nuestra adaptación a la oscuridad o visión escotópica.

Los 6 a 7 millones de conos proveen la sensibilidad al color del ojo y están más concentrados en la mancha amarilla central conocida como mácula. En el centro de esa región está la fóvea, un área de 0,3 mm de diámetro, libre de bastones y con una densa concentración de conos.

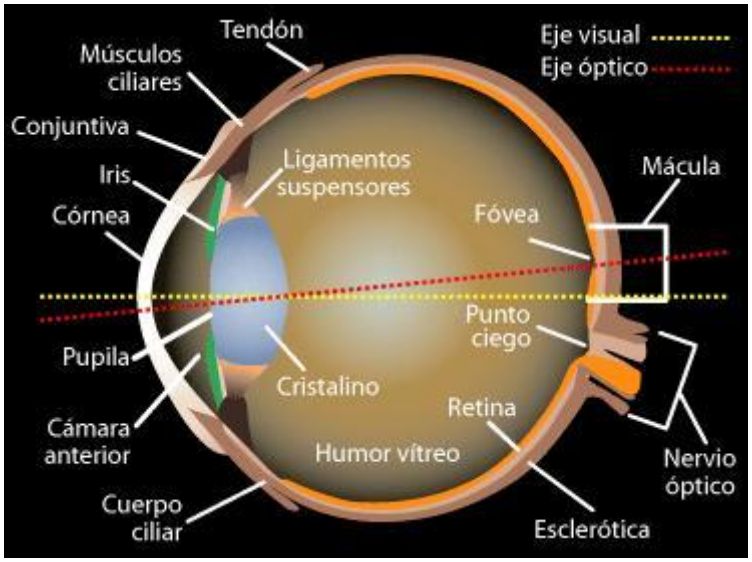


Fig. 147 El ojo humano

La evidencia experimental sugiere que entre los conos hay tres tipos diferentes en la recepción del color. Se han determinado curvas de respuestas para estos tres tipos de conos. Puesto que la percepción del color depende de la activación de estos tres tipos de células nerviosas, se deduce que el color visible se puede determinar en función de tres números llamados valores triestímulos. La percepción del color se ha modelado con éxito en términos de valores triestímulos y se ha mapeado en el diagrama de cromaticidad CIE.

Actualmente, se estima que los 6 a 7 millones de conos se pueden dividir en conos "rojos" (64%), conos "verdes" (32%), y conos "azules" (2%) basados en la curva de respuesta medida[17]. Ellos proveen la sensibilidad del color del ojo. Los conos rojos y verdes están concentrados en la central fóvea. Los conos "azules" tienen la más alta sensibilidad, se encuentran mayormente fuera de la fóvea, y lleva a algunas diferencias en la percepción azul del ojo. Los conos son menos sensibles a la luz que los bastones.

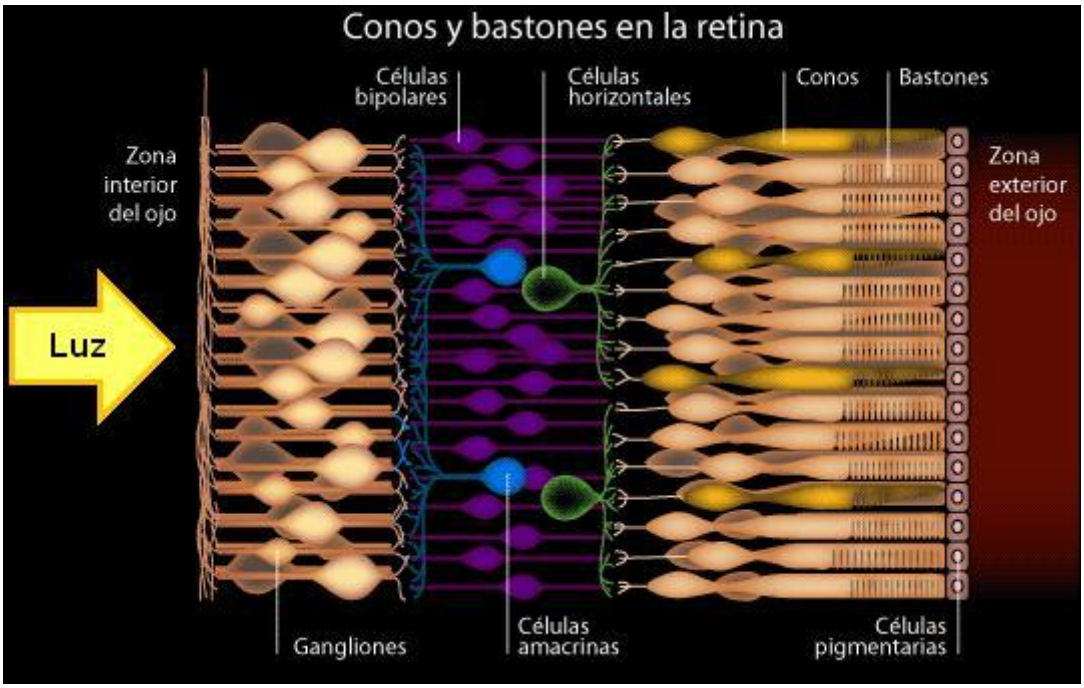


Fig. 148 Detalle de la retina humana

La percepción del color puede ser afectada por:

Efectos circundantes

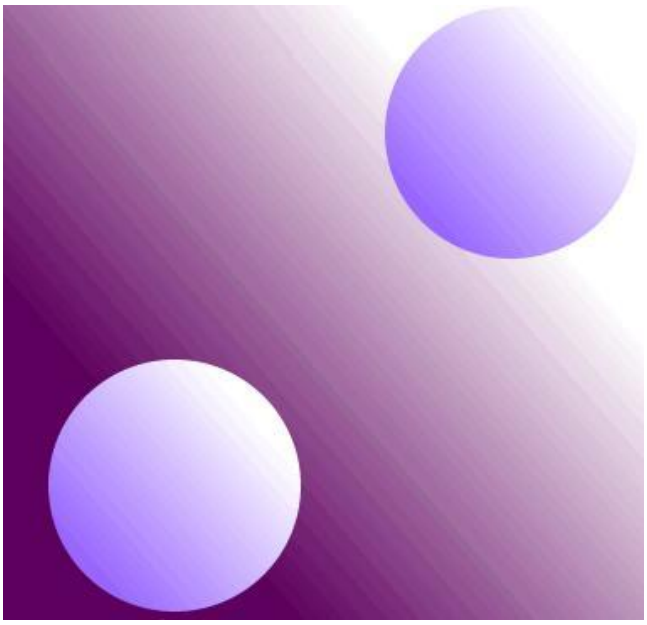


Fig. 149 ¿Ambos círculos son del mismo color?

[17] Hecht, Eugene, Optics, 2nd Ed, Addison Wesley, 1987

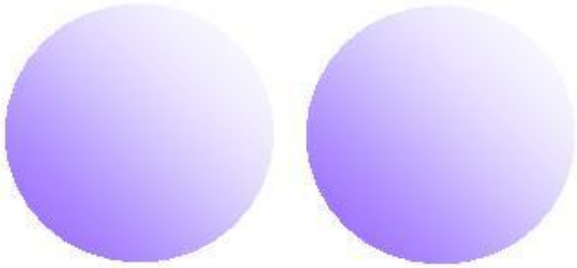


Fig. 150 Los círculos son del mismo color, sólo que nuestra percepción del color se ve alterada por el entorno

Ilusiones de óptica

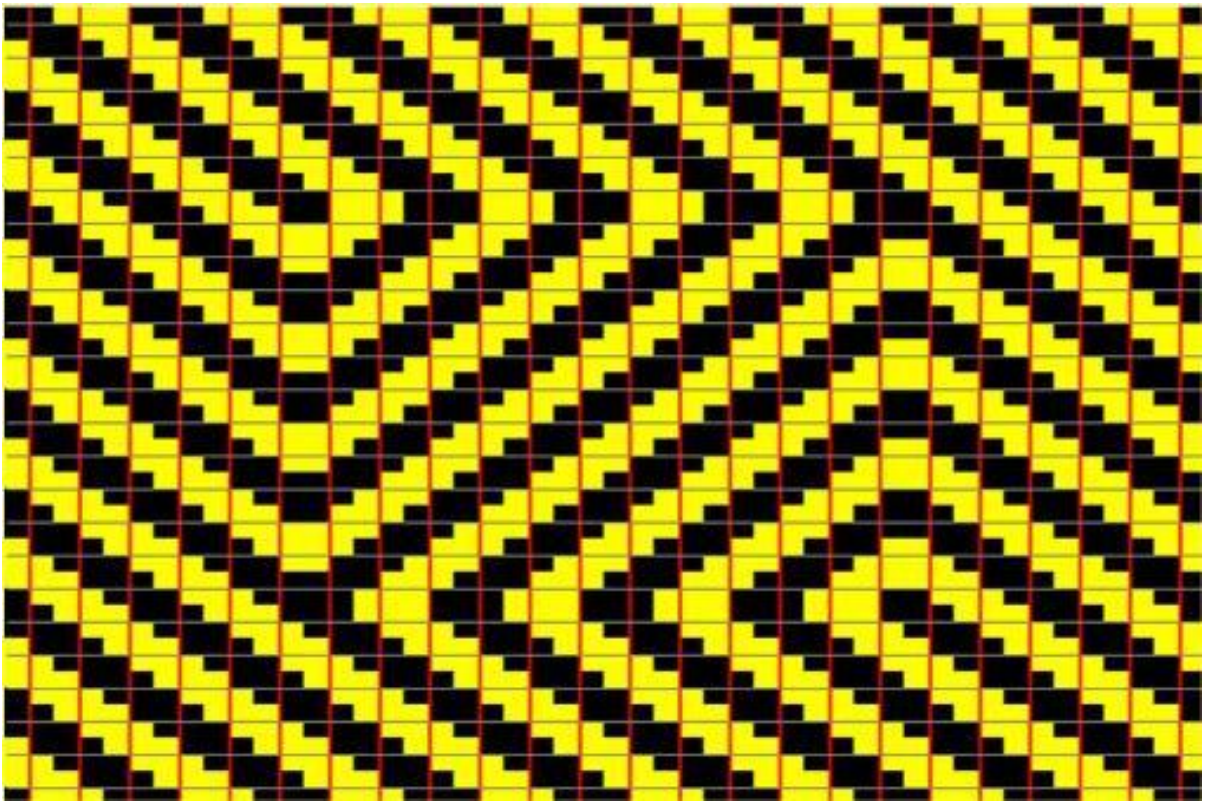


Fig. 151 Las líneas rojas son rectas y paralelas ¿no es así?

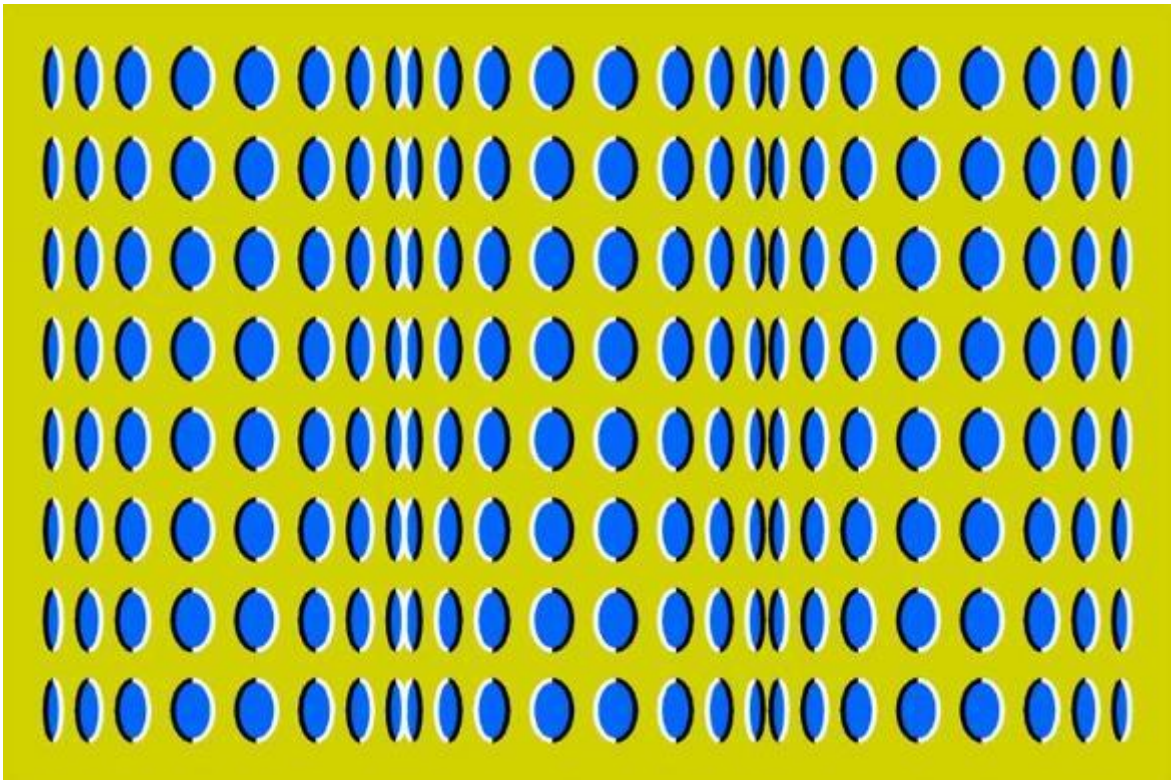


Fig. 152 La imagen parece adquirir movimiento ondulante conforme desplacemos nuestro enfoque visual

Ingesta de medicamentos y sustancias

Fig. 153

Cansancio visual

Puede ser propio de la edad o de un prolongado trabajo de la vista.

Limitaciones físicas

Algunas personas no pueden discriminar adecuadamente los colores (daltonismo), esta deficiencia se puede evaluar cualitativamente realizando el test de Ishihara, o cuantitativamente mediante el test de Münsell.

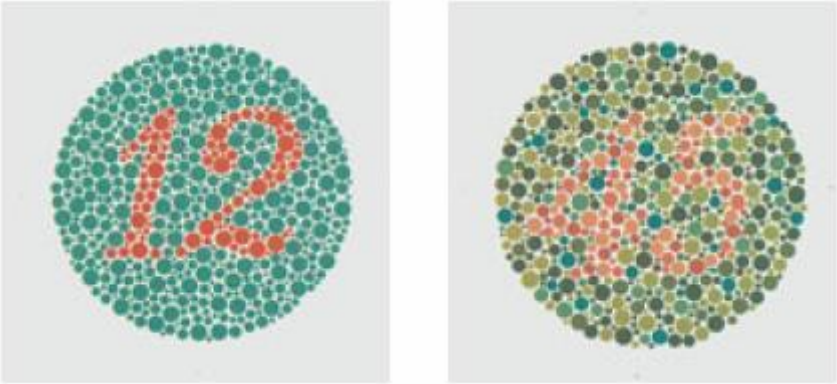


Fig. 154 Cartillas del test de Ishihara

En la dirección http://www.colour-blindness.com/es/colour-blindness-tests/ishihara-colour-test-plates/ se puede realizar el test de Ishihara en línea.

Fig. 155 Fichas del test de Munsell

En la dirección http://www.colormunki.com/game/huetest_kiosk se puede realizar este test en línea.

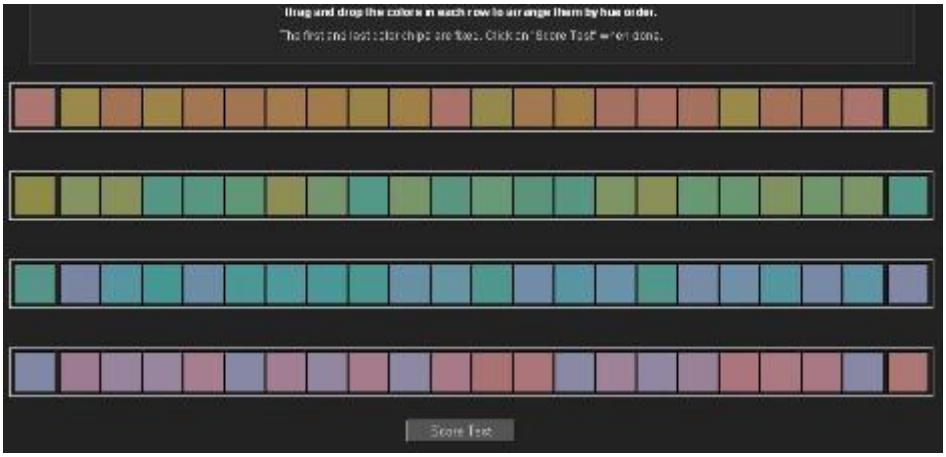


Fig. 156 Captura de pantalla del test de Munsell en línea, el objetivo es ordenar las fichas de acuerdo a la variación de tonos que percibimos

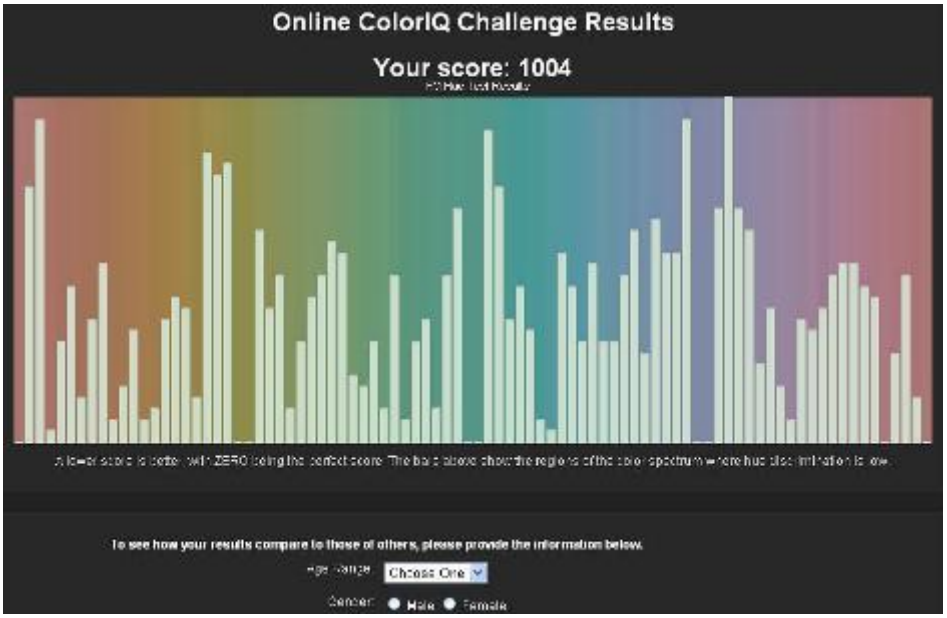


Fig. 157 Una deficiente discriminación de colores produce barras verticales según la zona defectuosa del color, y las alturas de las barras indican la severidad de la deficiencia. El puntaje obtenido (1004) se muestra en la parte superior

Fig. 158 Las fichas luego de ser ordenadas correctamente

Fig. 159 Resultado del test para una discriminación perfecta de los colores. El puntaje obtenido es 0

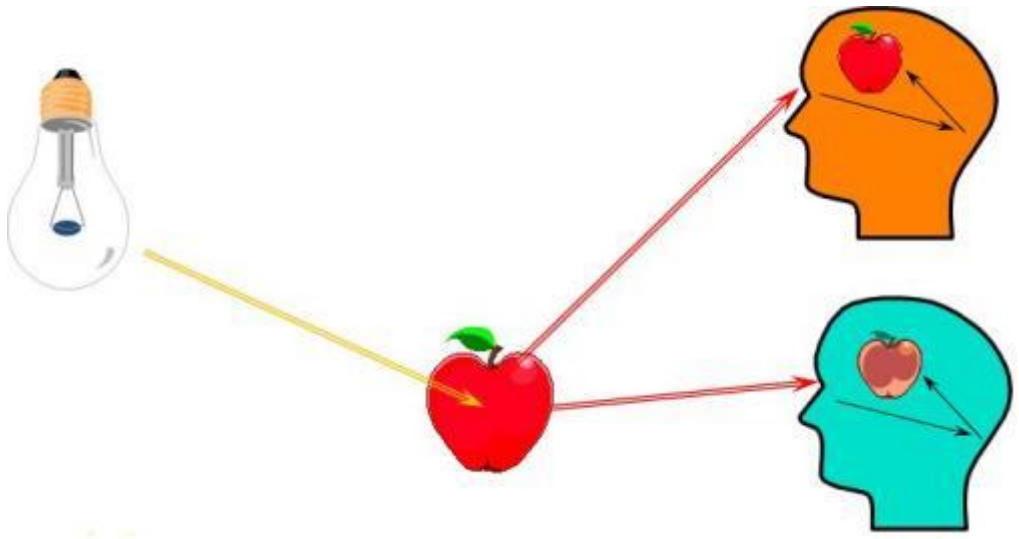


Fig. 160 La percepción del color varía según el observador

VALORES TRIESTÍMULOS

La combinación ojo-cerebro normalmente se conoce como observador. La retina contiene tres tipos de receptores que son sensibles al rojo, verde y azul. Estos se conocen respectivamente como receptores x, y, z. Las señales de cada tipo de receptor se pasan al cerebro a través del nervio óptico, donde se interpretan como "color".

El trabajo de investigación experimental publicado en 1931 por Guild y Wright determinó las sensibilidades relativas de los tres tipos de receptores, esto se conoce como los datos del observador CIE 1931 2º. En el año 1964 se hizo una corrección para mediciones hechas con 10º.

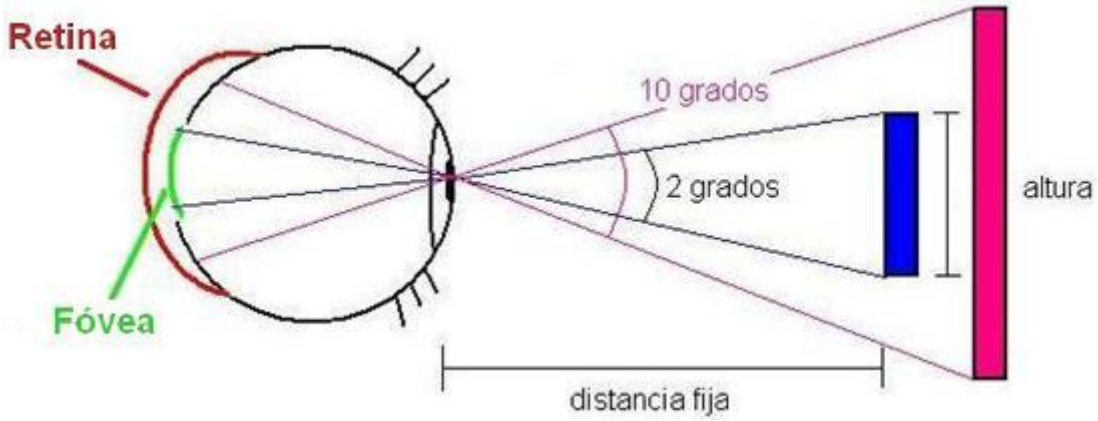


Fig. 161 Observador bajo una visión de 2º y 10º

Por cálculo se puede colocar valores en el espacio del estímulo de cada receptor para cualquier color, estos son los valores triestímulo o x, y, z.

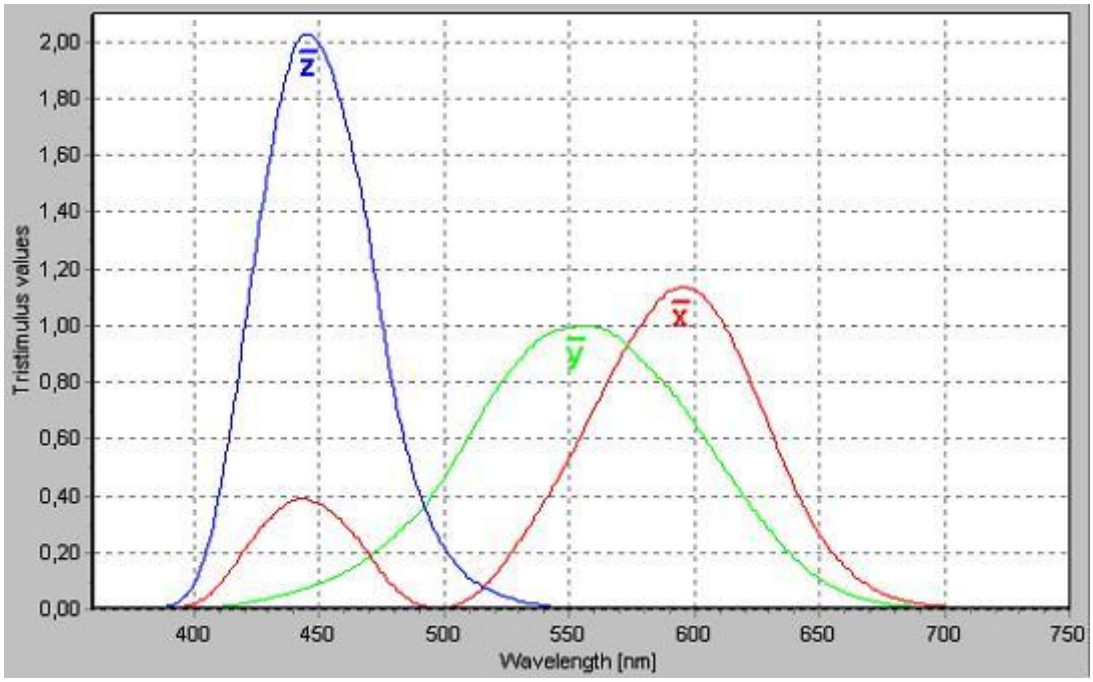


Fig. 162 Valores triestímulo CIE 1964

SISTEMAS DE COLOR

Isaac Newton (1642- 1726) fue el primero que ordenó los colores construyendo un convincente círculo cromático sobre el cual se han basado la mayoría de los estudios posteriores.

Se han elaborado distintos modelos de color, y existen diferencias en la construcción de los círculos cromáticos que responden a cada modelo. El avance que significó los estudios de Newton es la posibilidad de identificar objetiva y no subjetivamente un color nominándolo por las mezclas con las que fue creado. Muchos sistemas de nomenclatura usados hoy derivan de este primer intento.

Los modos de color son fórmulas matemáticas con que se calcula el color. Cada modelo incorpora alguna forma de denominación precisa del color, basándose en la medición específica de sus atributos, ya sea en modelos geométricos, escalas, porcentajes, grados, etc.

SISTEMA DE COLOR MÜNSELL

En 1905 el profesor de arte Albert Münsell desarrolló un sistema mediante el cual se ubican de forma precisa los colores en un espacio tridimensional. Para ello define tres atributos en cada color: Tono - Saturación - Valor (HSV). También idea una hoja para la determinación de los colores en forma numérica.

- Matiz (*Hue*)
- Saturación (*Saturation*)
- Valor (*Value*)

El matiz, la saturación y el valor pueden variar independientemente de una forma tal que absolutamente todos los colores pueden ser ubicados en un espacio tridimensional, de acuerdo con estos tres atributos. Los colores neutros se ubican a los largo de la línea vertical, llamada eje neutral con el negro en la parte baja, blanco en la parte de arriba y grises en el medio. Los matices se muestran en varios ángulos alrededor del eje neutral. La escala de intensidad es perpendicular al eje y aumenta hacia fuera.

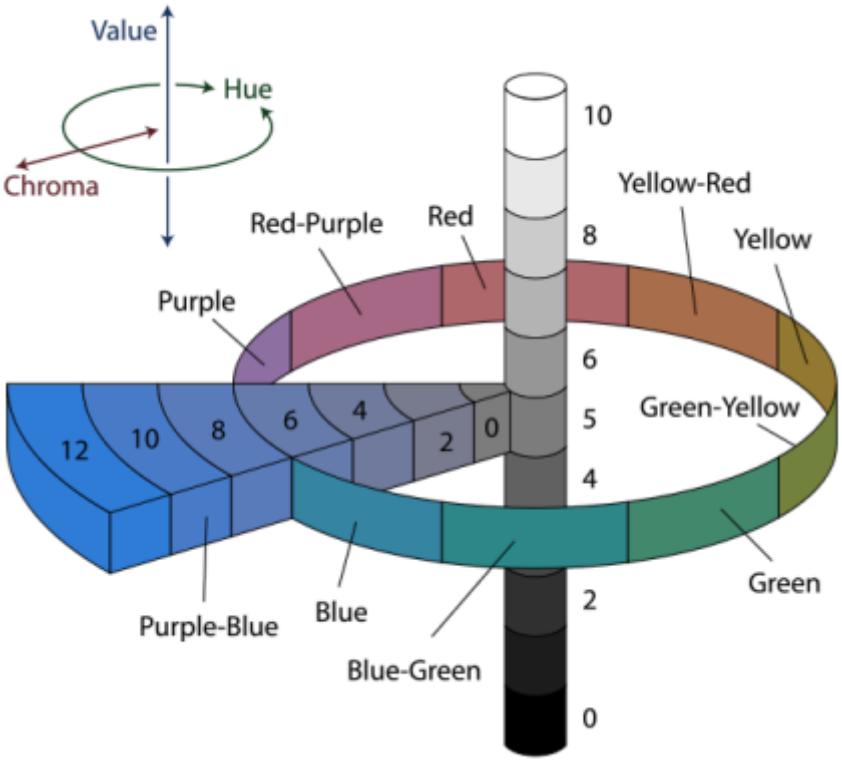


Fig. 163

DIAGRAMAS DE CROMATICIDAD CIE

Fueron desarrollados por la *Commission Internationale d'Eclairage* (Comisión Internacional de Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE.

Se caracteriza los colores por un parámetro de luminancia Y, y dos coordenadas de color x e y, las cuales especifican un punto sobre el diagrama de cromaticidad. Este sistema ofrece más precisión en la medida del color que los sistemas Münsell y Ostwald, porque los parámetros están basados en la distribución de energía espectral (SPD) de la luz emitida por el objeto coloreado, y está factorizado por las curvas de sensibilidad, las cuales han sido medidas por el ojo humano.

Basada en el hecho de que el ojo humano tiene tres tipos diferentes de conos sensibles al color, la respuesta del ojo se describe mejor en términos de tres "valores triestímulos". Sin embargo, una vez que se logra esto, se encuentra que cualquier color puede ser expresado en términos de dos coordenadas de colores x e y.

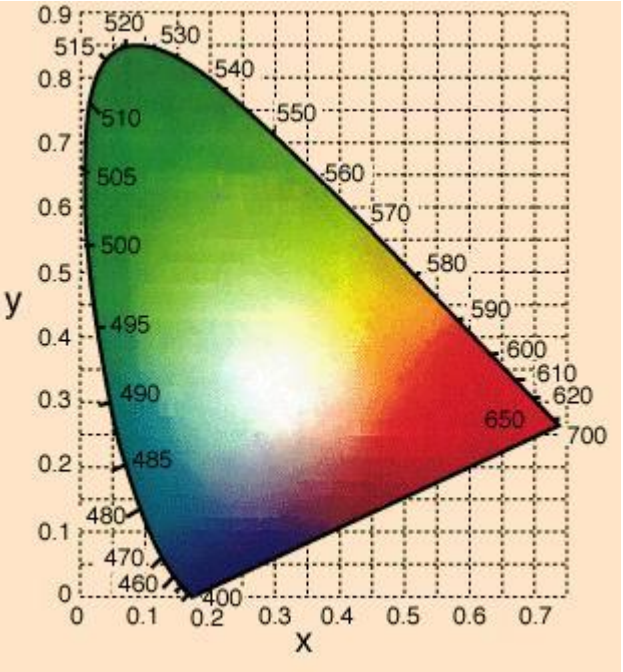


Fig. 164 Diagrama de cromaticidad CIE 1930

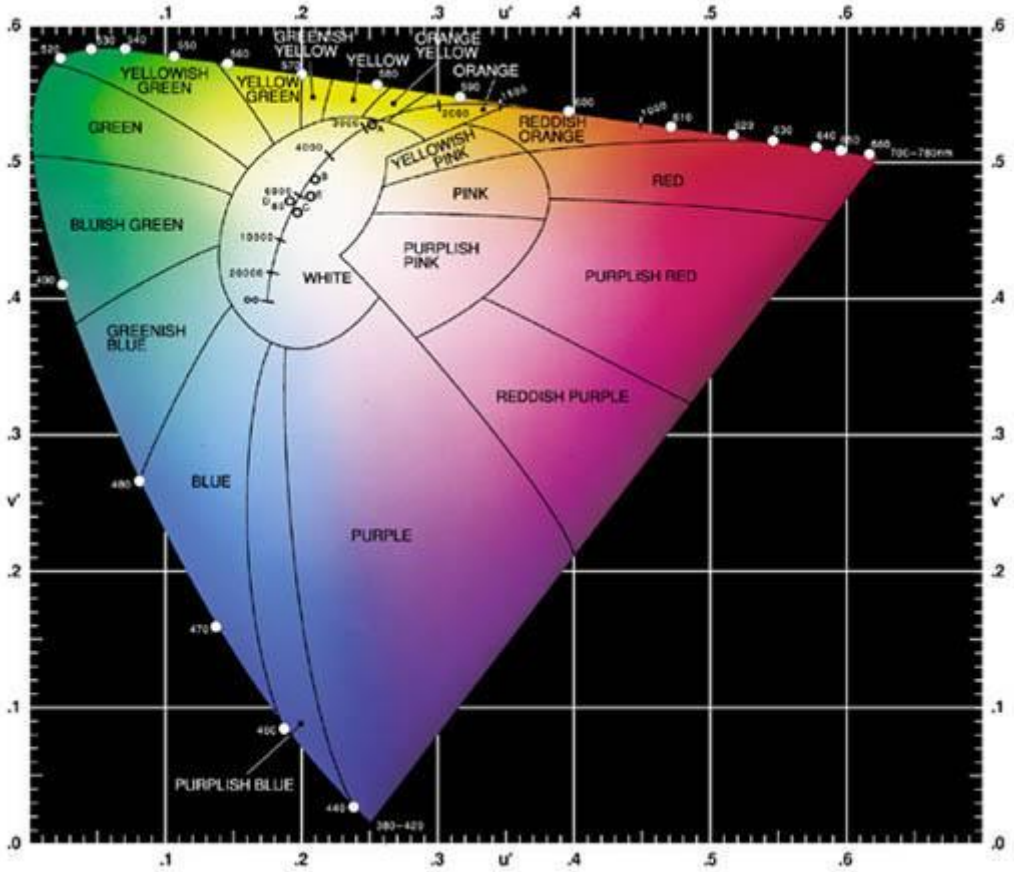


Fig. 165 Diagrama de cromaticidad CIE 1964

SISTEMA CIELAB

Es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Los asteriscos (*) que siguen a cada letra forman parte del nombre, ya que representan L*, a* y b*.

Los tres parámetros en el modelo representan:

- **L***, la luminosidad (0 para negro puro y 100 para el blanco)
- **a***, la posición entre rojo y verde (valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo)
- **b***, la posición entre amarillo y azul (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo).

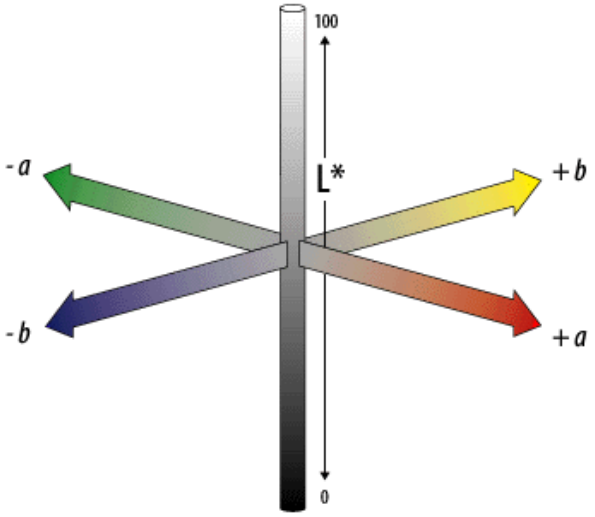


Fig. 166

Otros modelos de color a destacar son:

El modelo **CMYK** (basado en los colores cyan, magenta, amarillo y negro).

El modelo **RGB** (basado en los primarios luz rojo, verde y azul).

El sistema de color **Pantone**, para definir colores en impresos con tintas, o en materiales textiles teñidos. Este sistema es muy empleado, pues es una referencia unívoca y evita errores debidos a la distorsión por pantalla, impresora, sustrato, etc.

Fig. 167 Pantone textil

ATRIBUTOS DEL COLOR

Los tres atributos que determinan el color son el tono, el brillo y la saturación

- **TONO O MATIZ**

  Es el atributo de un estímulo de color, el color en sí mismo e indica su cualidad cromática. Está relacionado con la longitud de onda de su radiación. Según su tonalidad se puede decir que un color es rojo, amarillo, verde, azul.

Fig. 168

- **BRILLO O LUMINOSIDAD**

  Es el atributo que expresa la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación.

  Es la luminosidad de un color (la capacidad de reflejar el blanco), es decir, el brillo. Alude a la claridad u oscuridad de un tono. Es una condición variable, que puede alterar fundamentalmente la apariencia de un color. La luminosidad puede variar añadiendo negro o blanco a un tono.

Fig. 169

- **SATURACIÓN O INTENSIDAD**

  Es el grado de partida de un color a partir del color neutro (gris) de la misma luminosidad. Los colores de baja intensidad son llamados débiles y los de máxima intensidad se denominan saturados o fuertes. Imagina un color gris al cual le va añadiendo amarillo y quitando gris hasta alcanzar un amarillo vivo, esto sería una variación en el aumento de intensidad de ese color. La variación de un mismo valor desde el neutro (llamado color débil) hasta su máxima expresión (color fuerte o intenso). Cuanto más saturado está un color, más puro es y menos mezcla de gris posee.

Fig. 170

MODIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DEL COLOR MEDIANTE RECETA DE TEÑIDO

Ya dijimos que la labor del tintorero es alcanzar un color de acuerdo al requerimiento del cliente, para esto hace uso de colorantes, por lo que entendemos que trabaja bajo la síntesis sustractiva (color pigmento).

Entonces, mediante la mezcla de dos, tres o hasta cuatro colorantes se trata de alcanzar los atributos de color requeridos, estas mezclas se llaman entonces bicromías, tricomías y cuatricomías, respectivamente.

La proporción adecuada de una mezcla de colorantes, provee – bajo un iluminante determinado – el color final.

Daremos un ejemplo muy básico para entender cómo es la mecánica del trabajo para la modificación de estos atributos de color. Para ello vamos a operar en esta demostración bajo estos dos supuestos:

Los colorantes utilizados proveen colores puros.

Los colorantes agotan al 100%.

Tenemos las siguientes recetas:

Receta A	Receta B	Receta C	Receta D
0,8% amarillo 0,2% rojo	0,88% amarillo 0,12% rojo	0,88% amarillo 0,22% rojo	0,72% amarillo 0,18% rojo 0,1% gris
1,0%	1,0%	1,1%	1,0%

Tabla 7

Si tomamos como referencia la receta A, veremos a continuación de qué forma se alteran el matiz, el brillo y la saturación cuando la modificamos.

Matiz

El tono o matiz depende de la proporción entre los colorantes amarillo y rojo; el gris no se cuenta dado que, por ser color neutro, no tiene matiz. Y se tiene lo siguiente:

- En la receta A la proporción es de 4:1 (4 amarillo por 1 rojo)
- En la receta B la proporción es de 7,33:1
- En la receta C la proporción es de 4:1
- En la receta D la proporción es de 4:1 (sin contar al gris)

Gráficamente:

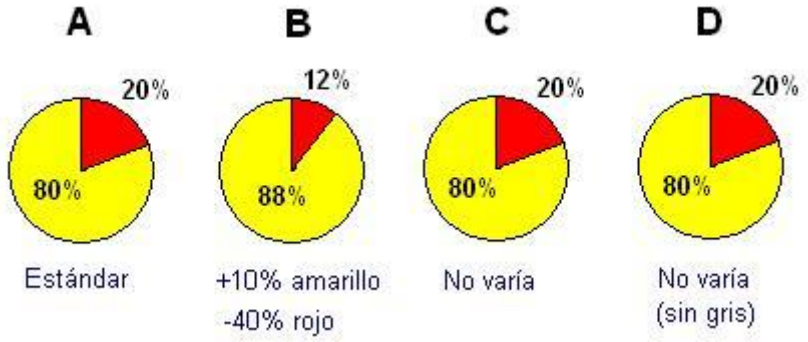


Fig. 171

En cuanto al tejido (con 100% de agotamiento de baño), tenemos la gráfica en los ejes **a** (rojo-verde) y **b** (amarillo-azul).

Para que el matiz no varíe las coordenadas del nuevo color en los ejes a y b:

- No deben variar
- Si varían, este cambio debe ser proporcional a fin de mantener el mismo ángulo imaginario respecto del punto de origen de las coordenadas.

La receta A será el estándar, observamos que el color representa un punto y define un ángulo de inclinación (digamos 45 grados). Entonces para que el matiz no cambie, este ángulo no debe cambiar.

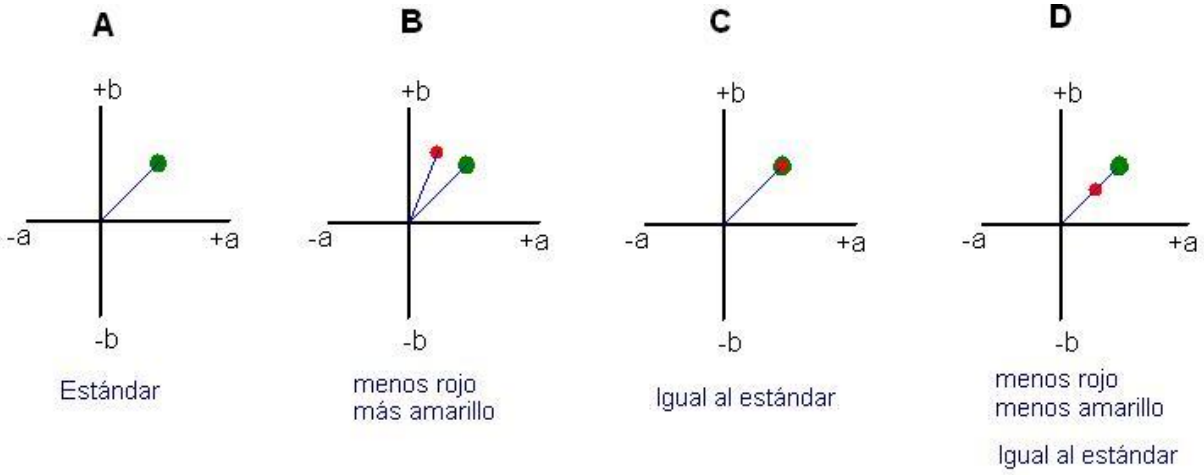


Fig. 172

Con la receta B el color obtenido se hace menos rojo, yéndose hacia la izquierda, y a su vez, es más amarillo, desplazándose hacia arriba, por lo que se obtiene un ángulo diferente al de la receta A.

En la receta C el color se mantiene igual, pues las proporciones de colorantes son las mismas que en la receta A.

Con la receta D el color obtenido se hace menos rojo, yéndose hacia la derecha, y a su vez, es menos amarillo, desplazándose hacia abajo, por lo que se mantiene el ángulo de la receta A. Como los decrementos fueron proporcionales, se mantiene el tono.

Se concluye, entonces, que en la receta B el tono del tejido cambia, haciéndose menos rojo y más amarillo. En las recetas C y D el matiz se mantiene inalterable.

Brillo

El brillo o claridad depende de la sumatoria de los porcentajes de todos los colorantes, de tal manera que a mayor porcentaje, menor brillo y claridad (la tela se hace más oscura). Y se tiene lo siguiente:

- En la receta A la sumatoria es de 1%
- En la receta B la sumatoria es de 1%
- En la receta C la sumatoria es de 1,1%
- En la receta D la sumatoria es de 1%

Gráficamente:

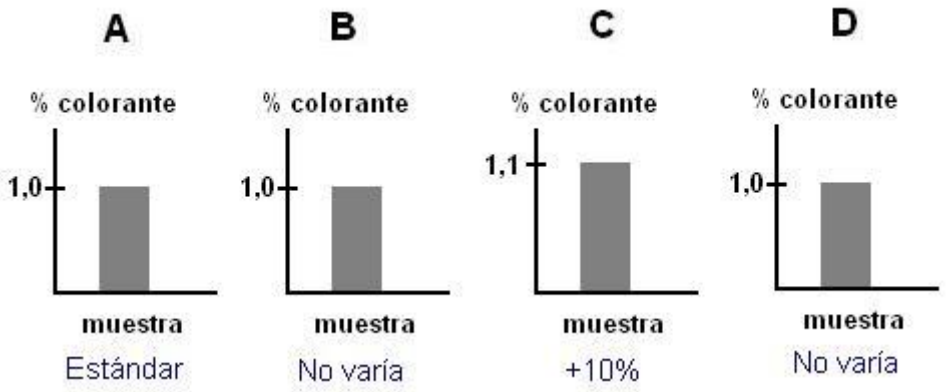


Fig. 173

En cuanto al tejido (con 100% de agotamiento de baño), tenemos la gráfica en el eje **L** (blanco-negro).

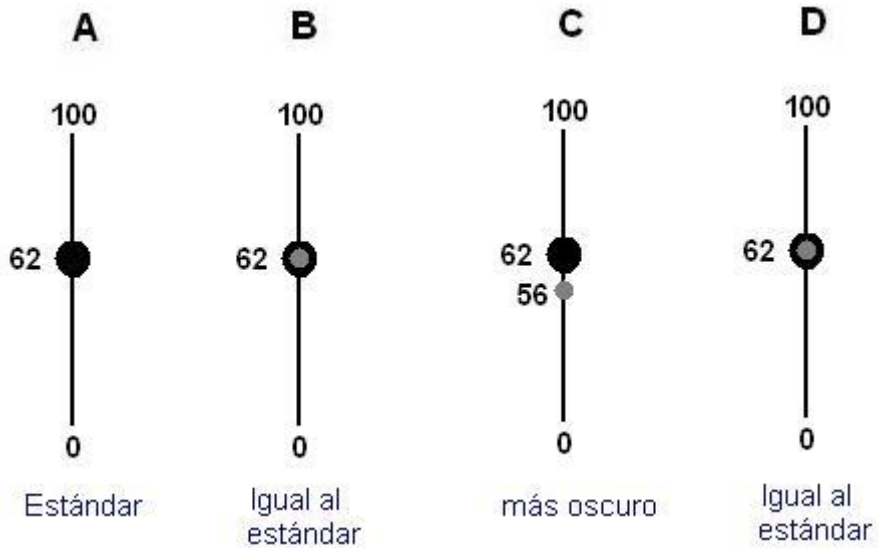


Fig. 174

Se concluye, entonces, que en la receta C el brillo del tejido cambia, haciéndose menos claro (más oscuro). En las recetas B y D la claridad se mantiene inalterable.

Saturación

La saturación o pureza depende de la proporción de colores puros versus los colores que *ensucian*, que en este ejemplo viene a ser el gris. Y se tiene lo siguiente:

- En la receta A hay 100% de colores puros
- En la receta B hay 100% de colores puros
- En la receta C hay 100% de colores puros
- En la receta D hay 90% de colores puros (amarillo + rojo) y 10% de gris

Gráficamente:

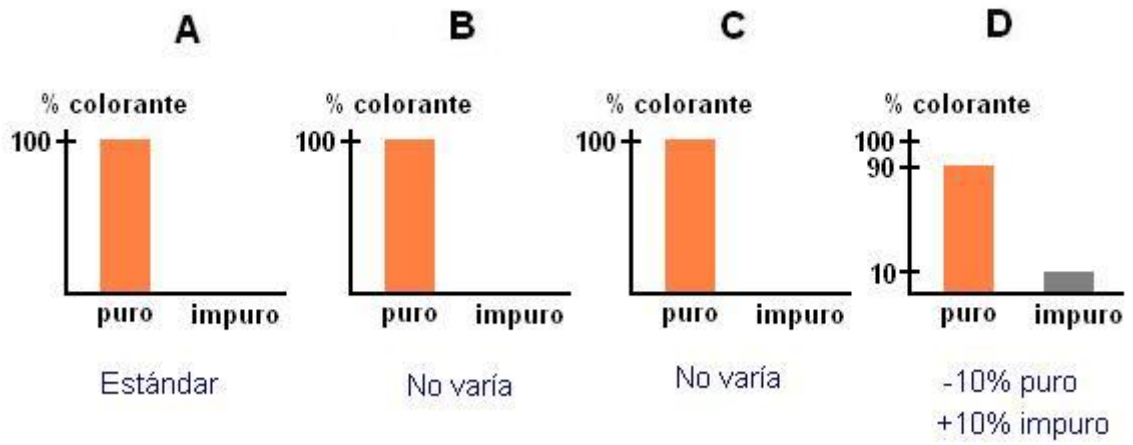


Fig. 175

En cuanto al tejido (con 100% de agotamiento de baño), tenemos la gráfica en los ejes **a** (rojo-verde) y **b** (amarillo-azul).

Un color es más saturado cuando es más puro, más limpio. Y para comprender este concepto debemos observar la longitud del vector que une el punto de origen de coordenadas (zona de color neutra o gris) hasta el color. Mientras más largo sea el vector, más alejado estará de la zona gris y se dice entonces que es más saturado, más puro. No se toma en cuenta el ángulo que forma, ya que – como vimos – esto corresponde al matiz.

Si el tejido teñido con la receta A es nuestra referencia, vemos la longitud del segmento azul. Con la receta B tenemos otro color que está a la misma distancia del origen de coordenadas, por lo que tiene igual saturación. En la receta C ambos segmentos tienen la misma longitud, pues el color se superpone al estándar. Con la receta D, debido al colorante gris, el color está más cerca al punto de origen de coordenadas, por lo que es más gris y por lo tanto, menos saturado.

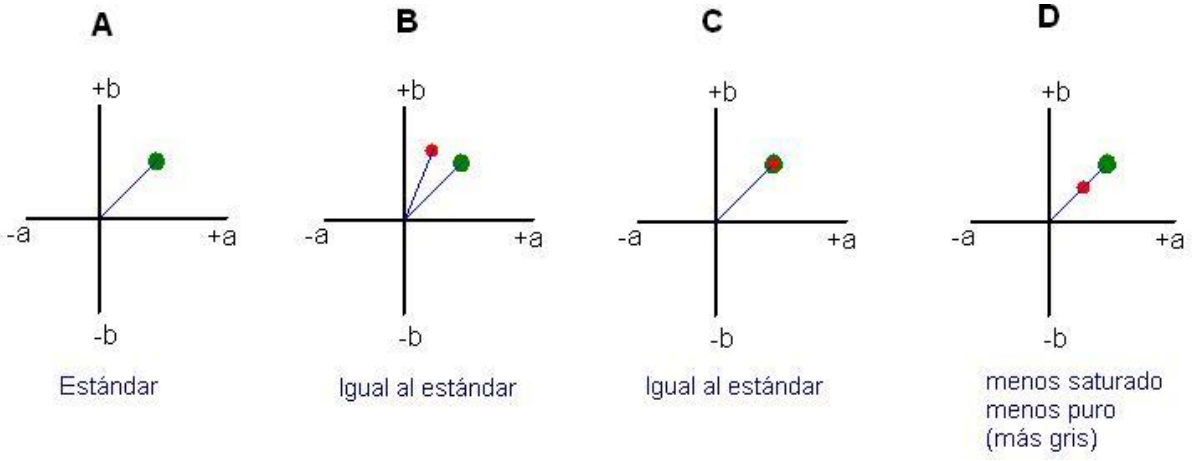


Fig. 176

Se concluye, entonces, que en la receta D la saturación del tejido cambia, haciéndose menos puro (más sucio). En las recetas B y C la pureza se mantiene inalterable.

Aclaración: Este es sólo un ejemplo muy básico para entender el proceso de matizado para llegar a un color teñido, en realidad, en la industria se dispone de una amplia gama de colorantes que en sí no proveen colores puros, así tenemos rojos azulados, amarillos rojizos, amarillos verdosos, pardos, azules rojizos, etcétera. Además cada tipo de colorante agota sobre el tejido de manera diferente, según su estructura química. Por todo ello, el proceso de matizado requiere que el tintorero **conozca muy bien** las propiedades de los colorantes con que formula sus recetas.

INSTRUMENTOS PARA MEDIR EL COLOR

Hay dos tipos principales de instrumentos para medir el color de superficies opacas: Espectrofotómetros de reflectancia y colorímetros.

ESPECTROFOTÓMETRO DE REFLECTANCIA

Los espectrofotómetros de reflectancia miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia. El espectro de reflectancia de una muestra se puede usar, junto con la función del observador estándar CIE y la distribución relativa de energía espectral de un iluminante para calcular los valores triestímulos CIE XYZ para esa muestra bajo ese iluminante.

Fig. 177

El funcionamiento de un espectrofotómetro consiste básicamente en iluminar la muestra con luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja dicha muestra en una serie de intervalos de longitudes de onda. Lo más usual es que los datos se recojan en 31 intervalos de longitudes de onda (los cortes van de 400 nm, 410 nm, 420 nm… 700 nm). Esto se consigue haciendo pasar la luz a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitudes de onda. El instrumento se calibra con una muestra o loseta blanca cuya reflectancia en cada segmento de longitudes de onda se conoce en comparación con una superficie de reflexión difusa perfecta.

La reflectancia de una muestra se expresa como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 y 100. Es importante darse cuenta de que los valores de reflectancia obtenidos son valores relativos y, para muestras no fluorescentes, son independientes de la calidad y cantidad de la luz usada para iluminar la muestra. Así, aunque los factores de reflectancia se midan usando una fuente de luz concreta, es perfectamente correcto calcular los valores colorimétricos para cualquier iluminante conocido.

Geometría óptica de un espectrofotómetro

La geometría óptica del instrumento es importante. En algunos instrumentos, se usa una esfera integradora que permite iluminar la muestra de forma difusa, de forma igualada desde todos los ángulos, mientras que la luz reflejada se recoge en un ángulo aproximadamente perpendicular a la superficie de la muestra.

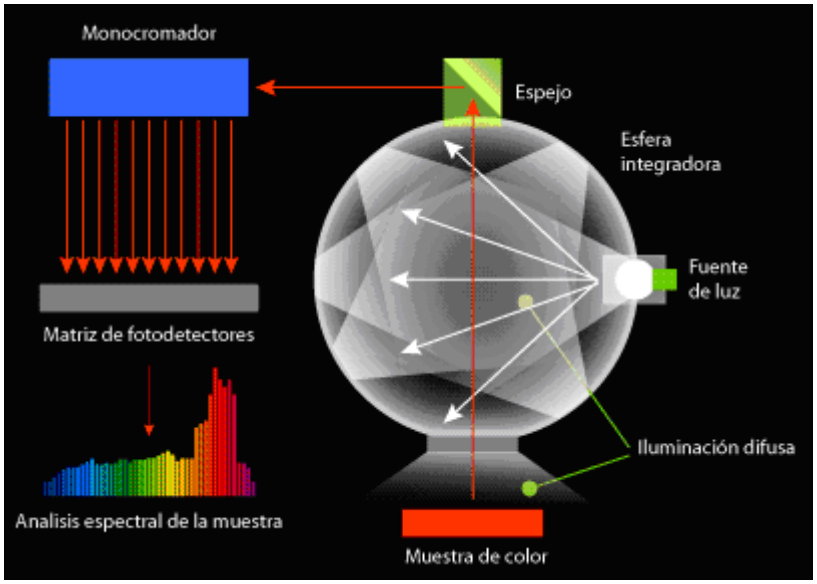


Fig. 178

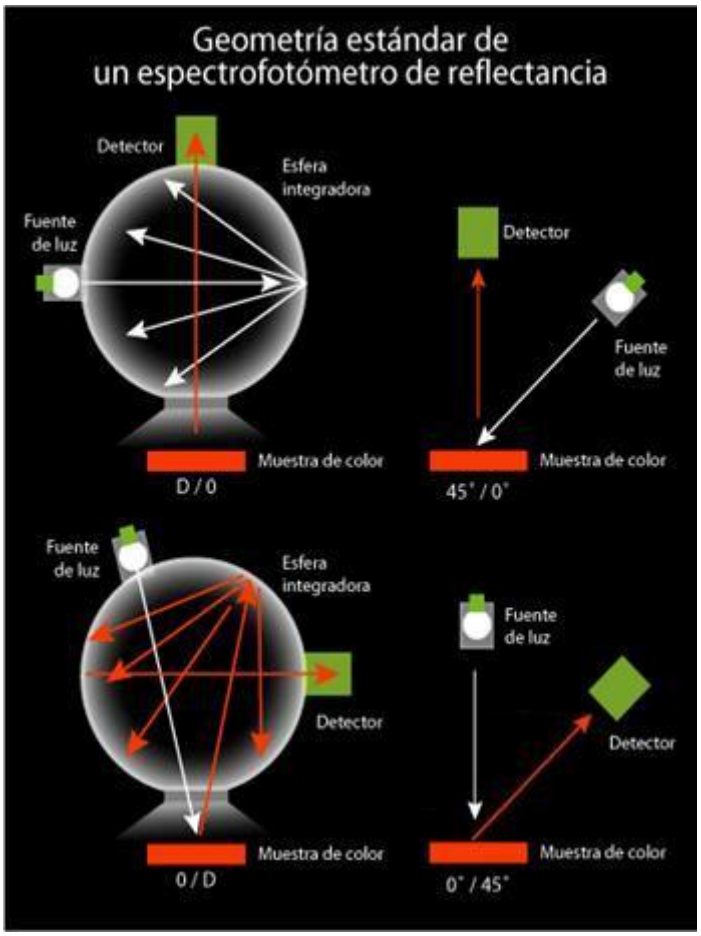


Fig. 179

Otros instrumentos, por el contrario, iluminan la muestra desde un ángulo determinado y recogen la luz reflejada desde otro ángulo. Un caso típico es que la muestra se ilumine desde un ángulo de 45º

con respecto a la superficie y que la luz reflejada se mida desde un ángulo 0º. A esto se le llama geometría 45º/0º. Lo contrario es la geometría 0º/45º. Las geometrías basadas en la esfera antes mencionadas se conocen como D/0 y 0/D. Es extremadamente difícil establecer la correspondencia de medidas tomadas entre instrumentos cuya geometría óptica no sea idéntica. Para la mayoría de las superficies, la reflectancia cambia según los ángulos de iluminación y observación. Las cuatro geometrías estándares establecidas por CIE son:

1. Iluminación difusa y toma de la luz en la normal (D/0)
2. Iluminación en la normal y toma de la luz difusa (0/D)
3. Iluminación a 45º y toma de la luz en la normal (45/0)
4. Iluminación en la normal y toma de la luz a 45º (0/45)

Ningún instrumento "ve" el color más cercanamente al ojo humano como el 0/45 (o 45/0). Esto es simplemente porque cualquier observador hace todo lo posible en su poder para excluir el "componente especular" (brillo) para evaluar el color.

Fig. 180 Espectrofotómetro para medición del color

COLORÍMETROS

Los colorímetros miden los valores triestímulos de forma más directa y funcionan usando tres filtros de amplio espectro. En consecuencia, los colorímetros no pueden proporcionar datos de reflectancia espectral, pero muchas veces son preferibles a los espectrofotómetros debido a su bajo coste de fabricación y facilidad de transporte.

Los colorímetros miden valores triestímulos más directamente que los espectrofotómetros y funcionan basándose en filtros de color. Por eso, los colorímetros no proporcionan datos de reflectancia espectral. Sin embargo, muchas veces son preferibles a los espectrofotómetros debido a que son comparativamente más baratos de fabricar y fáciles de transportar.

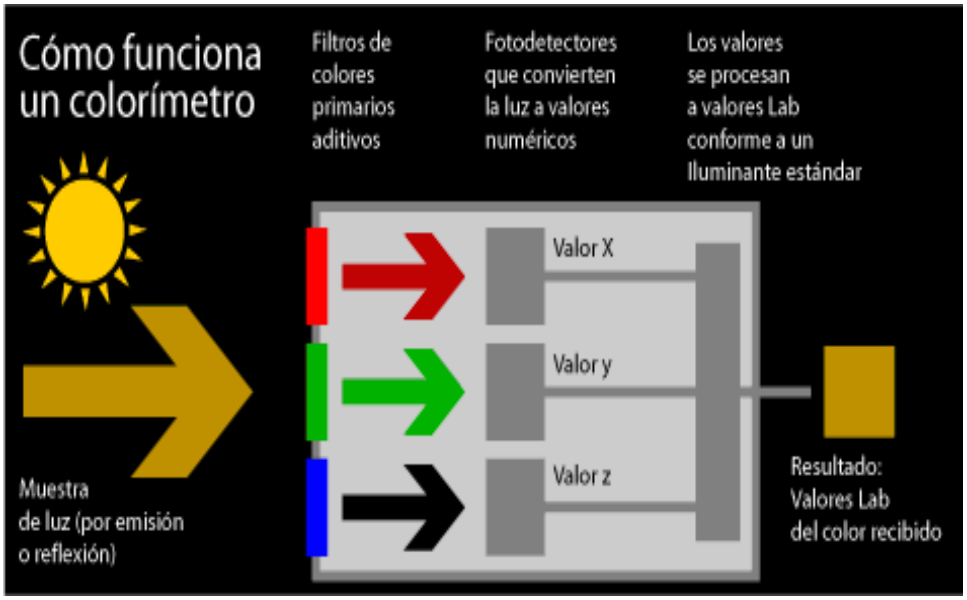


Fig. 181

CONTROL DE CALIDAD DE TEXTILES TEÑIDOS

EVALUACIÓN VISUAL DEL COLOR

Se realiza mediante el empleo de una caja de luces (fig. 182), ésta debe contener los iluminantes estándares.

Fig. 182 Caja de luces

En la evaluación visual del color debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar el iluminante adecuado; para evitar que la evaluación se realice bajo una luz distinta a la que el cliente usará.
- El color de las paredes de la cabina debe ser gris neutro, de acuerdo a norma, para no interferir en la evaluación del color.
- Es importante emplear geometrías de observación que eviten la percepción del brillo y la textura. Usualmente se emplea una geometría de 0º/ 45º o 45º/0º entre la dirección de la iluminación y la observación, con respecto a la normal a la superficie de la muestra (fig. 183).

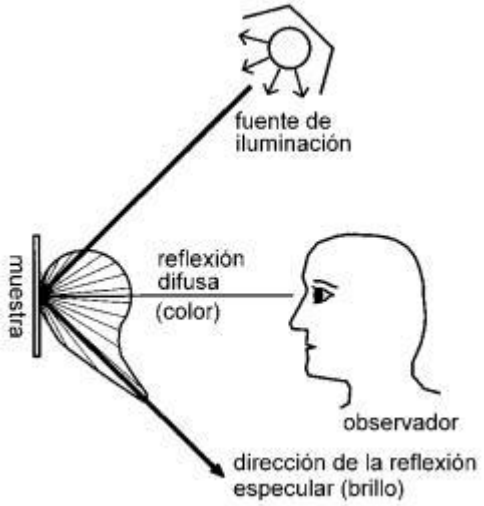


Fig. 183 Geometría de la visión

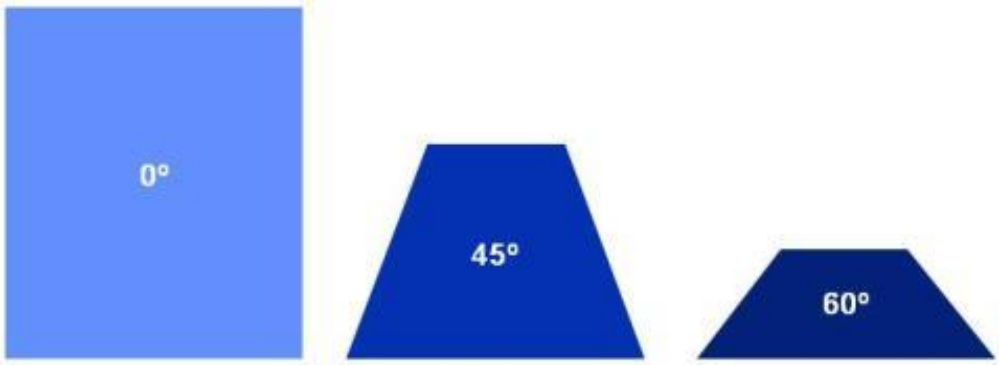


Fig. 184 La forma de presentar la muestra ante nuestra vista puede alterar su brillo.

Una manera práctica de alcanzar la correcta geometría es colocando la muestra y el estándar dentro de la caja de luces en un ángulo de 45º (45º de incidencia de la luz) y observándolas a 90º (fig. 185).

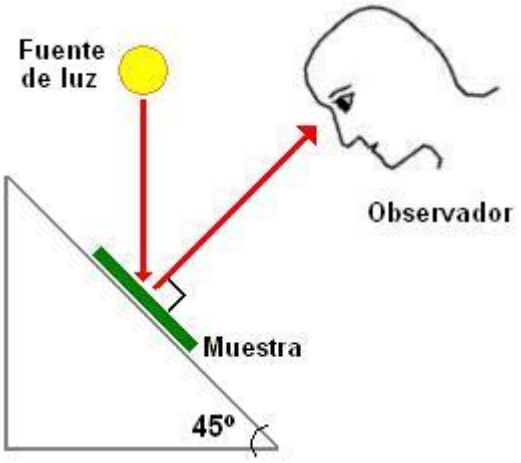


Fig. 185

También la evaluación puede hacerse sobre la base de la cabina (centro) donde se coloca la muestra y el estándar, la luz incidirá en 90º y el observador debe ubicarse a una distancia y altura iguales, para permitir una visión en 45º, como en la figura 186.

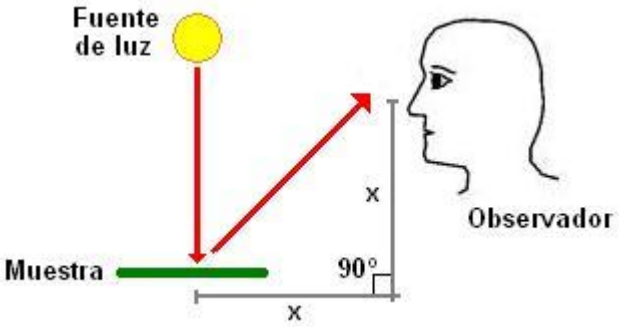


Fig. 186

- Mantener despejado el interior de la caja de luces de otras muestras, para evitar alteraciones en la percepción del color.
- Evitar la incidencia de otras luces que no sean las de la cabina, por ejemplo, la luz que ingresa por las ventanas o aquella proveniente de los fluorescentes del laboratorio. En última instancia, al evaluar colores, eliminar momentáneamente dichas luces.
- Si se va a evaluar muestras de diferentes colores, empezar con aquellas de tonos claros, continuar con los medios y finalizar con las muestras de tonos intensos.
- Los colores rojos *golpean* nuestra vista, esto se debe a que el mayor porcentaje de conos en nuestro ojo (64%) percibe este color. El rojo permanece más tiempo en la retina y este *residuo* puede alterar nuestra percepción de los matices que veremos después, por lo que recomienda un descansar la vista luego de observar tonos muy rojizos.
- Evitar el cansancio visual, no exponer demasiado tiempo nuestra vista.

EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE COLOR (ΔE*) EN EL SISTEMA CIELAB MEDIANTE ESPECTROFOTÓMETRO

La búsqueda de un espacio de color uniforme también tiene por objeto permitir la evaluación de diferencias de color a través de la medición de la distancia geométrica que separa los puntos de color dentro de un espacio.

En el sistema CIELAB, la diferencia total del color ΔE* integra la diferencia de las tres variables independientes o sea:

- **en coordenadas rectangulares L* , a* , b* :**
    - Diferencia de claridad sobre el eje L* expresada por ΔL*.
    - Diferencia cromática rojo – verde sobre el eje a* expresada por Δa*
    - Diferencia cromática amarillo – azul sobre el eje b* expresada por Δb*
- **en coordenadas polares L* , C* , h :**
    - Diferencia de claridad sobre el eje L* expresada por ΔL*
    - Diferencia de croma – saturación sobre el radio C* expresada por ΔC*
    - Diferencia de ángulo de tono sobre h expresada por Δh y en grado de ángulo

Por consiguiente, el espacio CIELAB ofrece la posibilidad de expresar las diferencias del color de dos modos:

ΔL* , Δa* , Δb* (coordenadas rectangulares)

ΔL* , ΔC* , Δh (coordenadas polares)

DIFERENCIAS DEL COLOR EN EL SISTEMA CIELAB EN COORDENADAS RECTANGULARES Y POLARES

<u>En modo L*, a*, b*</u>

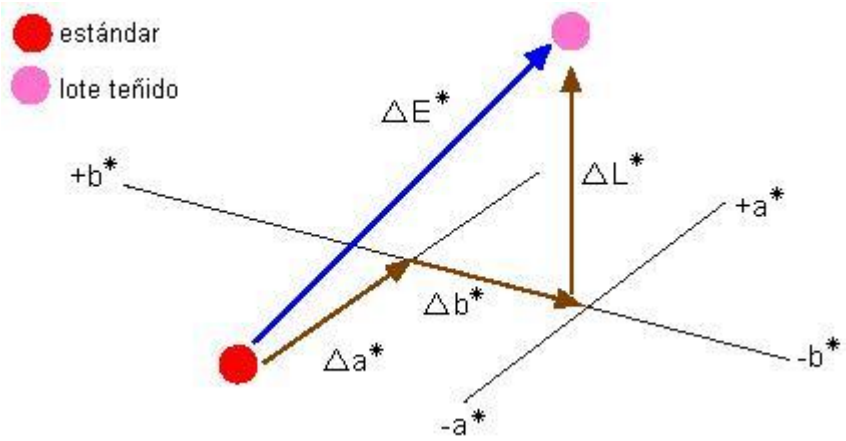


Fig. 187 Coordenadas rectangulares L*a*b*

Al expresar ΔL* la diferencia de claridad, el signo de la diferencia muestra el sentido de la variación en relación a la percepción psicosensorial.

- Valor negativo: diferencia hacia lo oscuro (negro)
- Valor positivo: diferencia hacia lo claro (blanco)

Del mismo modo, las proyecciones sobre los otros dos componentes principales a* y b* que definen el plano cromático expresarán:

- Δa*, la diferencia cromática rojo – verde,
- Δb*, la diferencia cromática amarillo – azul

El signo de la diferencia indica el sentido de la variación:

- Δa* positivo, más rojo
- Δa* negativo, más verde
- Δb* positivo, más amarillo
- Δb* negativo, más azul

Estos valores (Δa* y Δb*) pueden ser completados también por una información más global: la diferencia de cromaticidad (Δc).

La diferencia de cromaticidad (Δc) representa, en la diferencia total de color (ΔE*), la variación que no es debida a la claridad (ΔL*).

$$\Delta c^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\boxed{\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}}$$

<u>En modo L*, C*, h*</u>

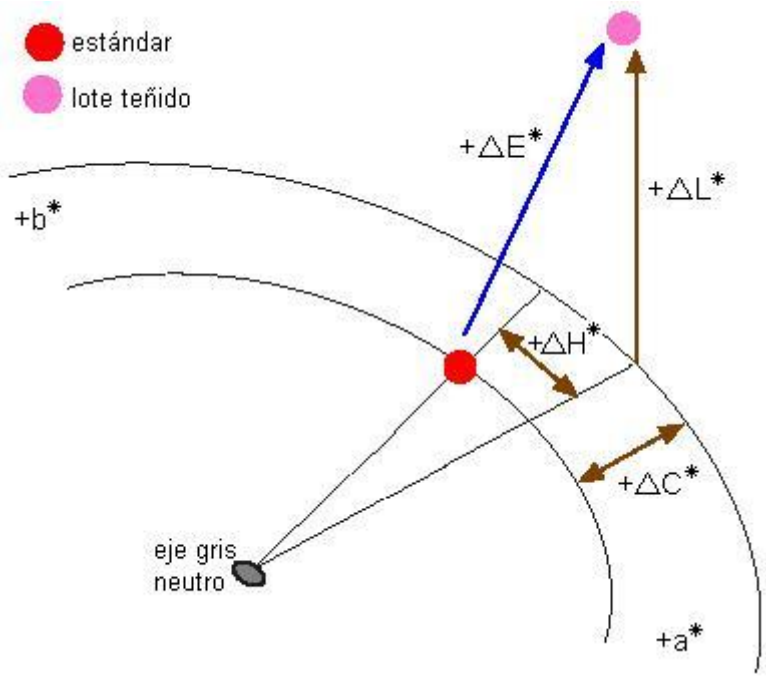


Fig. 188 Coordenadas polares L*C*h*

La utilización de coordenadas cilíndricas L* C* h en el espacio CIELAB, permite expresar el color y las diferencias de colores como lo percibimos visualmente y separar la diferencia de tono (Δh), la diferencia de claridad (ΔL*) y la diferencia de saturación (ΔC*) en la diferencia total de color (ΔE*).

La diferencia total del color (ΔE*) se descompone según sus componentes principales en:

- **Diferencia de claridad ΔL*:** de valor e interpretación idénticos a la expresión en L*, a*, b*.
- **Diferencia de croma ΔC*:** que representa la diferencia de las distancias desde cada punto de color hasta el eje de claridad.

$$\Delta C^* = C_1^* - C_0^*$$

Donde C_0^* : Saturación del patrón

C_1^* : Saturación de la muestra

  - Si ΔC* es positivo, la muestra está más saturada que el patrón
  - Si ΔC* es negativo, la muestra está menos saturada que el patrón

- **Diferencia de ángulo de tono Δh:** que representa la diferencia angular (en º) entre las direcciones de los vectores que designan los dos tonos a comparar. Este valor transformado en diferencia de distancia para ser homogéneo con respecto a los demás términos de la diferencia, se convierte en la **diferencia de tono: ΔH*,** al integrarse a la diferencia total de color ΔE*.

$$\boxed{\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2}}$$

CÁLCULOS DE LA DIFERENCIA DE COLOR

Ejemplo 1:

Color: Amarillo

	L*	a*	b*	C*	h
Estándar	69,61	34,12	80,96	87,86	67,15
Lote	69,72	34,34	80,86	87,85	66,99

$DL^* = L^*_{Lote} - L^*_{Estándar}$

DL* = 69,72 – 69,61 = 0,11

Si calculamos análogamente para los otros parámetros, obtendremos los siguientes resultados

	LOTE	**ESTÁNDAR**	**Δ**	**Δ^2**
L*	69,72	69,61	0,11	0,0121
a*	34,34	34,12	0,22	0,0484
b*	80,86	80,96	-0,1	0,01
C	87,85	87,86	-0,01	0,0001
h	66,99	67,15	0,16	

Tabla 8

Con coordenadas rectangulares

Aplicando la fórmula: $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

$$\Delta E^* = \sqrt{0{,}0121 + 0{,}0484 + 0{,}01}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{0{,}0705} = 0{,}27$$

Con coordenadas polares

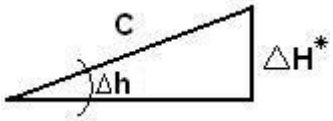


Fig. 189

$$\Delta H^* = C \cdot \Delta h$$

$$\Delta H^* = C \cdot sen\ \Delta h$$

Como $h = 0{,}16^{o} \rightarrow sen\ \Delta h = 0{,}002792$

$$\Delta H^* = 87{,}85 \cdot 0{,}002792 = 0{,}2453$$

$$(\Delta H^*)^2 = 0{,}06018$$

Aplicando la fórmula: $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2}$

$$\Delta E^* = \sqrt{0{,}0121 + 0{,}0001 + 0{,}06018}$$

$$\Delta E^* = \sqrt{0{,}0723} = 0{,}27$$

Ejemplo 2:

Se tiene la siguiente comparación entre las lecturas de un lote teñido (Imitación) y el estándar (Patrón). Como se aprecia, el espectrofotómetro realizó las mediciones bajo tres iluminantes: D65, CWF y A, con un ángulo de 10º.

Diferencias CIE Lab

Imitación:	!0R4502 M1			Patrón:	!0R4502 70731001 TÑ		
	DE*	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	La Imit.es
D65/10	1.222	-1.147	-0.167	0.387	-0.256	0.335	+oscura --rojo --azul
CWF/10	1.215	-1.166	-0.182	0.288	-0.279	0.196	+oscura --rojo --azul
A/10	1.204	-1.126	-0.068	0.421	-0.066	0.422	+oscura --azul

Vamos a verificar el cálculo para la diferencia de color total (ΔE* o DE* en este caso) para el iluminante D65 (luz de día).

Con coordenadas rectangulares

$$\Delta E^* = \sqrt{(-1{,}147)^2 + (-0{,}167)^2 + (0{,}387)^2} = 1{,}222$$

Con coordenadas polares

$$\Delta E^* = \sqrt{(-1{,}147)^2 + (-0{,}256)^2 + (0{,}335)^2} = 1{,}222$$

Ahora, te toca verificar los valores DE* para los iluminantes CWF y A.

CONTROL DEL BAÑO DE TINTURA

En el teñido por foulardado el color del sustrato debe obtenerse *a la primera*, a diferencia del sistema por agotamiento, que da opción a matizar el material antes de descargarlo de la máquina. Por ello, se verifica la igualdad del baño de planta con el baño del estándar (laboratorio) antes de proceder a la impregnación.

Los espectrofotómetros permiten la comparación de ambos baños (previamente diluidos en la misma proporción) mediante un software, que mide su fuerza de transmitancia y arroja la diferencia de color (ΔE).

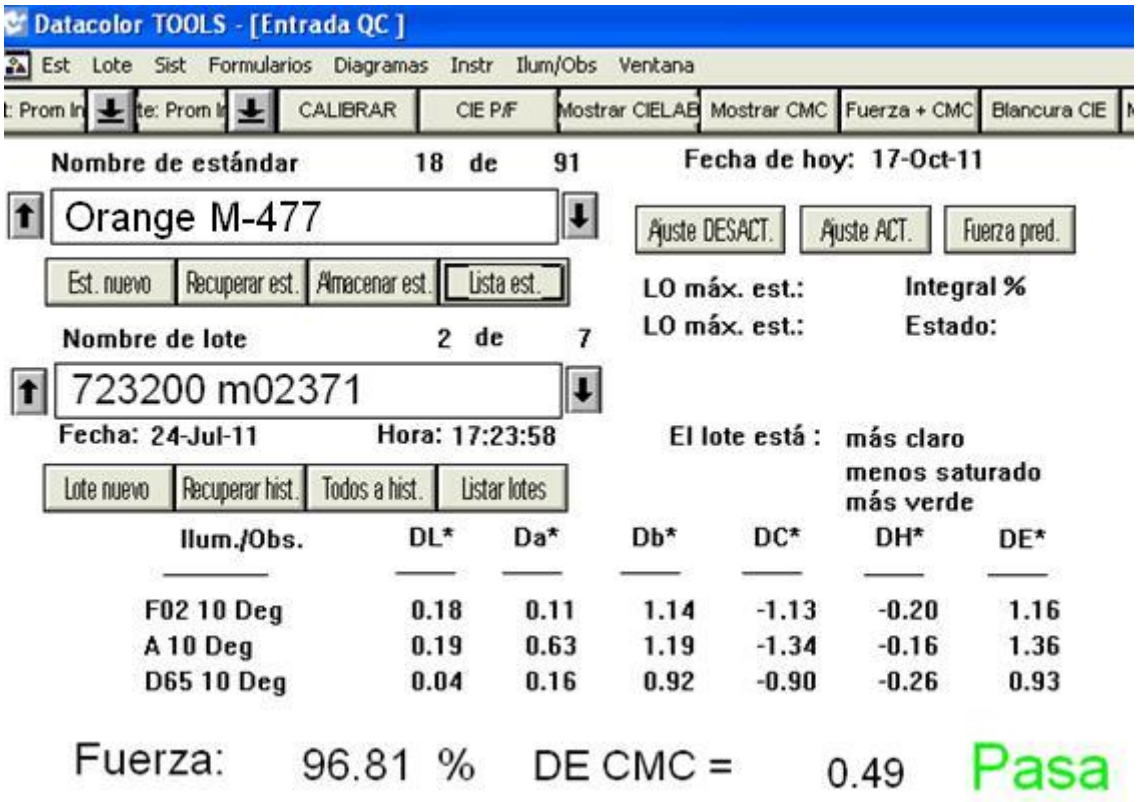


Fig. 190 Medición de la transmitancia de un baño de planta versus el estándar de laboratorio. El software empleado es el Datacolor Tools.

SOLIDEZ DE LOS COLORES

La AATCC[18] define la solidez del color como:

La resistencia de un material a cambiar en cualquiera de sus características de color y transferir su coloración a materiales adyacentes, o ambos como el resultado de la exposición del material a cualquier entorno que puede existir durante su procesamiento, análisis, almacenamiento y uso.

En otras palabras es una habilidad de la tela para retener su color durante su ciclo de vida. Hay muchos tipos de propiedades de solidez al color que deben ser considerados para proporcionar al consumidor un artículo aceptable.

La AATCC tiene más de treinta métodos de prueba para evaluar las propiedades de solidez del color. Estos incluyen, pero no están limitados al, lavado, luz, polvo, secado, limpieza, sudoración, abrasión, calor. El producto que se confecciona determina qué tipo de solidez es importante y por lo tanto el método de prueba que es relevante; por ejemplo, las telas de tapicería deben tener excelentes propiedades de resistencia a la luz y polvo, mientras, que la solidez al lavado es importante para las telas destinadas para confeccionar prendas.

El productor textil debe conocer cuál es el uso final de la tela para producir un artículo con una calidad aceptable.

FACTORES QUE AFECTAN LA SOLIDEZ DEL COLOR

A. Tratamientos de preparación al teñido o al estampado

La preparación es el primer paso del proceso textil húmedo, allí es donde se acondiciona el material para que el proceso de teñido o estampado se lleve a cabo sin problemas. Una preparación deficiente no solamente ocasiona defectos por solidez, sino también por diferencias de tono.

B. Selección del colorante

Los colorantes son un factor crucial que influye en la solidez del color de una tela. Cada colorante tiene propiedades de solidez únicas; algunos se conocen por sus excelentes características de solidez al lavado y otros son conocidos por sus propiedades de resistencia a la luz.

La estructura del colorante, la cantidad de éste en el sustrato, el método con que se liga a la tela y los procedimientos de teñido contribuyen al desempeño de su solidez.

Las combinaciones de colorantes en una fórmula específica deben también ser evaluadas por su efecto en la solidez del color: colores más oscuros normalmente tienen poca solidez, cuando se requiere una alta concentración de colorante son necesarios procesos de enjuague y lavados adecuados. Sin embargo, debido a que las partículas de colorante se atrapan en la estructura de la fibra, algunas moléculas no adheridas pueden permanecer y contribuir a la pérdida del color y la decoloración.

Por ejemplo, en el caso de los colorantes para el algodón podemos mencionar de manera general sus características de solidez:

- **Pigmentos**: exhiben una buena solidez a la luz pero pobre solidez al lavado.
- **Directos**: poseen una pobre solidez al lavado. Sin embargo, aplicando un agente fijador después del teñido, la solidez al lavado puede mejorarse dramáticamente.
- **A la tina**: presentan unas buenas propiedades de solidez de color.
- **Al azufre**: tienen una solidez al color bastante buena, aunque los tonos más claros tienden a tener una pobre solidez a la luz.
- **Naftoles**: tienen una buena solidez a la luz y al lavado pero pobre resistencia al frote.

[18] American Association of Textile Chemist and Colorist / Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas

- **Reactivos:** muestran en general buenas solideces. Una de las preocupaciones en cuanto a los colorantes reactivos es su susceptibilidad al daño por cloro. Otro es que los tonos más claros tienden a tener pobres propiedades de solidez a la luz.

La tabla siguiente resume las propiedades de firmeza de las diferentes categorías de los colorantes disponibles para teñir telas de algodón. Aunque se debe tener en cuenta que éstas son generalizaciones. Cada colorante es único y algunos tintes dentro de una clase particular pueden comportarse de manera diferente.

	TIPO DE SOLIDEZ				
COLORANTE	**Lavado**	**Luz**	**Frote**	**Sudor**	**Cloro**
Pigmento	Pobre a buena	Buena a excelente	Pobre a buena	Buena	Buena a excelente
Directo	Pobre a buena	Moderada a buena	Pobre a buena	Pobre a buena	Pobre a moderada
A la tina	Buena a excelente	Buena a excelente	Razonable a buena	Buena	Buena a excelente
Al azufre	Buena	Pobre a buena	Pobre a buena	Buena	Pobre a moderada
Naftol	Buena a excelente	Moderada a buena	Razonable a buena	Razonable a buena	Moderada
Reactivo	Buena a excelente	Moderada a buena	Razonable a buena	Pobre a buena	Pobre a buena

Tabla 9

C. Ennoblecimiento

Generalmente, las telas tratadas con resinas demuestran una mejorada solidez al lavado.

Los suavizantes siliconados incorporados al baño de acabado con resina pueden mejorar la retención del color de algunas telas. Los suavizantes y resinas juegan un rol muy importante en la reducción de abrasión en la superficie y por esto mejoran la solidez al lavado y al frote.

Las enzimas antipilling mejoran la habilidad del tejido para mantener su color original y la apariencia después de múltiples lavadas caseras.

Los procesos que otorgan pilosidad superficial al tejido (perchado, lijado) pueden disminuir la solidez al frote.

En general, el grado de mejora de cualquier de estas técnicas de acabado depende grandemente en los colorantes individuales usados en una fórmula particular para igualar un tono.

D. Prácticas del consumidor

Los productores textiles pueden seguir cada recomendación y precaución para producir una tela con características de desempeño óptimo. Sin embargo, las propiedades de solidez del color también son influenciadas por las prácticas del consumidor final. Estas incluyen la selección del detergente y los procedimientos de lavado.

Por lo tanto al evaluarse las propiedades de solidez del color de una prenda es importante usar un método de prueba apropiado que refleje las prácticas de lavado del consumidor.

Debido a los altos costos de la energía, los consumidores lavan sus prendas a temperaturas menores. Por esta razón los detergentes “especiales para prendas de color” o los agentes enjuagantes con peróxido activado que mejoran la eficacia de la limpieza a temperaturas menores de lavado son uno de los segmentos de mayor crecimiento en el mercado de detergentes.

Algunas telas pueden decolorarse un poco cuando se lavan en casa con detergente estándar, pero las telas lavadas con detergentes conteniendo enjuagues activados pueden mostrar pérdidas significativas en el color debido a la sensibilidad del colorante a este tipo de detergentes.

Otro tipo de detergente disponible en el mercado es el que contiene enzimas, que remueven las fibras celulósicas de las telas. Muchas veces la pérdida o aparente pérdida del color se puede atribuir a los cambios de la superficie de la tela causados por la abrasión durante el lavado. Los detergentes que contienen enzimas generalmente reducen el cambio de color asociado con el lavado casero disminuyendo la vellosidad de la superficie de la tela. Esta observación no es aplicable para las prendas que contienen fibras distintas al algodón.

Los procedimientos de lavado también influencian la habilidad de una tela para retener su color. Algunas prácticas como lavar las telas al revés, reducir el tamaño de la carga de una lavadora, añadir suavizantes al enjuague final y reducir el tiempo del ciclo de secado minimizan la pérdida de color.

ENSAYOS DE SOLIDEZ

El objeto principal de las pruebas de solidez efectuadas sobre materiales teñidos es el de determinar si las tinturas soportan a satisfacción los procesos subsiguientes, de esta manera se trata de disminuir las oportunidades de reclamos posteriores de parte del usuario final.

Para conocer la solidez a cada uno de los agentes que son capaces de modificar el color original, se realizan ensayos acelerados y a escala reducida.

Los distintos agentes que pueden producir alteraciones en el color de los textiles se pueden agrupar desde varios puntos de vista.

Una primera clasificación se puede establecer sobre la base de aquellos agentes que actúan normalmente durante el proceso de manufactura y de aquellos otros que actúan en la vida activa del género o sea, durante el uso por el consumidor final. Entre los primeros podemos citar:

- Peróxido de hidrógeno (blanqueo químico)
- Formaldehído (algunos suavizantes)
- Hidróxido de sodio (mercerizado)
- Vaporizado
- Tratamientos térmicos (termofijado, secado)
- Decatizado (acabado de artículos de lana, puede ser en húmedo o al vapor)
- Batanado (acabado de artículos de lana)
- Carbonizado (tratamiento químico para los artículos de lana, consiste en la aplicación de ácido sulfúrico)

Entre los agentes que actúan en la vida activa de la prenda se hallan:

- El lavado con agua (doméstico e industrial)
- El lavado en seco
- El frote
- La luz
- El sudor (alcalino y ácido)
- El agua de mar
- El agua clorada de piscinas

- La exposición a la intemperie
- La contaminación atmosférica

En las siguientes páginas explicaremos brevemente los ensayos de solidez más comunes para los materiales textiles, si se desea mayor detalle, se debe consultar la norma específica a la que se remite la prueba.

SOLIDEZ AL LAVADO

(Basado en el ensayo *AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated*)

Este ensayo simula el cambio de color de un material textil luego de cierta cantidad de lavados.

Un sustrato teñido, en contacto con una tela o telas adyacentes es lavado, enjuagado y secado. Los especímenes son lavados bajo condiciones apropiadas de temperatura, alcalinidad, decoloración y acción abrasiva de tal manera que los resultados se obtienen en un corto tiempo. La acción abrasiva se realiza mediante el empleo de una baja relación de baño y un número apropiado de billas de acero. El cambio en el color del espécimen y el manchado de la tela o telas adyacentes se evalúan mediante comparación con las escalas de grises.

Preparación de los especímenes

El tamaño de las muestras varía de acuerdo al tipo de ensayo:

- 50 x 100 mm para ensayos 1A.
- 50 x 150 mm para ensayos 2A, 3A, 4A y 5A.

Para determinar la transferencia de color en los ensayos 1A y 2A se emplea una tela multifibra. Mientras que para el ensayo 3A se puede emplear un tejido de algodón blanqueado (el uso de la tela multifibra es opcional).

Para los ensayos 4A y 5A la transferencia de color no se determina.

Procedimiento

Se colocan los especímenes dentro de unos tubos de acero, con las condiciones de nivel de baño, detergente[19], número de billas, etc.; de acuerdo al tipo de ensayo realizado. Dentro de cada tubo de acero debe ir un solo especimen.

[19] El detergente empleado no debe contener blanqueadores ópticos (WOB, without optical bleaching).

Fig. 191

Los tubos se montan a un equipo llamado landerómetro (Launder-Ometer), que gira a 40 ± 2 rpm durante 45 minutos, las condiciones de cada ensayo varían según la tabla adjunta:

Test Nº	Temperatura		Volumen de baño total (ml)	% de detergente del volumen total	% de cloro del volumen total	Nº de billas	Tiempo (min)
	º C (± 2º)	º F (± 4º)					
1A	40	105	200	0,37	No	10	45
2A	49	120	150	0,15	No	50	45
3A	71	160	50	0,15	No	100	45
4A	71	160	50	0,15	0,015	100	45
5A	49	120	150	0,15	0,027	50	45

Tabla 10

Luego se procede a realizar tres veces el enjuague de las muestras con agua desionizada a 40 ± 3º C y se procede a su secado con una temperatura que no exceda los 71º C.

Después se deja reposar las muestras por una hora a condiciones normales (21 ± 1º C; 65 ± 2% HR) antes de su evaluación.

Evaluación

Se determina:

- el cambio de color de la muestra original, con la escala de grises para el cambio de color, y
- el grado de manchado de la multifibra, con la escala de grises para la transferencia de color.

Interpretación de resultados

Test 1A. Sirve para evaluar la solidez del color que se espera obtener luego de cinco lavados cuidadosos realizados a mano, con una temperatura de 40 ± 3º C.

Test 2A. Sirve para evaluar la solidez del color que se espera obtener luego de cinco lavados a máquina, con una temperatura de 38 ± 3º C.

Test 3A. Sirve para evaluar la solidez del color que se espera obtener luego de cinco lavados a máquina, con una temperatura de 60 ± 3º C.

Test 4A. Sirve para evaluar la solidez del color que se espera obtener luego de cinco lavados a máquina, con una temperatura de 63 ± 3º C, con 3,74 g/l de cloro al 5%, por 3,6 kg de carga.

Test 5A. Sirve para evaluar la solidez del color que se espera obtener luego de cinco lavados a máquina, con una temperatura de 49 ± 3º C, con 200 ± 1 ppm de cloro.

SOLIDEZ AL FROTE

(Basado en el ensayo *AATCC Test Method 8 Colorfastness to Crocking: AATCC Crockmeter Method*)

Este método sirve para determinar la cantidad de color transferido de la superficie de sustratos textiles coloreados a otras superficies mediante el frote.

Fig. 192 Frictómetro (crockmeter), equipo empleado en la determinación de la solidez al frote

Procedimiento

Se emplean dos especímenes: uno para el ensayo en seco y otro para el ensayo en húmedo.

- La telas testigo deben ser cuadrados de 50 ± 2 mm de lado, compuestas de hilo 100% algodón peinado 40/1, con una densidad de 32 ± 3 hilos/cm y 33 ± 2 pas/cm; 100 g/m^2, ligamento tafetán, desengomadas y blanqueadas químicamente, sin óptico, con un grado de blancura de 80 ± 2 según el procedimiento AATCC 110.
- Se cortan los especímenes al menos de 50 x 130 mm, de preferencia con el lado más largo en sentido oblicuo a la urdimbre y trama, o columnas y cursas. Si se trata de hilos, se debe tejer una muestra de al menos 50 x 130 mm, o enrollarlo de forma muy apretada en un área mínima de 50 x 130 mm, con el hilo estirado en la dirección más larga.
- Se acondiciona la muestra en condiciones normales (21 ± 1º C; 65 ± 2%) durante 4 horas como mínimo.

a. **Ensayo en seco**

Se coloca el especimen en el equipo, luego se fija la tela testigo en el *dedo* del equipo. Se baja éste y se procede a realizar 10 ciclos de frotamiento, con una velocidad de 1 ciclo por segundo. Un ciclo de frotamiento indica un desplazamiento de vaivén del *dedo*, cubierto por el testigo, contra la muestra coloreada.

b. **Ensayo en húmedo**

La tela testigo se humecta con agua desionizada a un pick up de 65% y se procede igual que el caso anterior. Se deja secar el testigo a temperatura ambiente.

Evaluación

Se evalúa el grado de manchado del testigo con la escala de grises para transferencia de color o con la escala de transferencia cromática AATCC de 9 pasos.

Para ensayos en muestras pequeñas, estampados de varios colores, o en muestras donde no sea aplicable la norma anterior, se emplea la norma *AATCC Test Method 116 Colorfastness to Crocking: Rotary Vertical Crockmeter Method*

SOLIDEZ AL SUDOR

(Basado en el ensayo *AATCC Test Method 15 Colorfastness to Perspiration*)

Este ensayo se realiza para determinar la solidez de los sustratos textiles teñidos ante los efectos de la transpiración.

El especimen teñido, en contacto con un material testigo (multifibra) se humedece con una solución de transpiración simulada, y se coloca bajo una presión mecánica fija mediante un dispositivo; posteriormente se seca lentamente a una temperatura ligeramente elevada. Después del acondicionamiento, el especimen se evalúa para ver si hay cambio en el color y si los materiales adyacentes se han manchado (transferencia de color).

A grandes rasgos, el procedimiento que se sigue es el siguiente:

- Cortar el especimen en un área de 6 x 6 ± 0,2 cm y lo mismo para el testigo.
- Unir o coser el especimen con el testigo
- En una caja Petri de 9 cm de diámetro y 2 cm de profundidad, colocar el testigo y añadir la solución de sudor (de no más 3 días de antigüedad) hasta un nivel de 1,5 cm.
- Remojar durante 30 ± 2 minutos, agitando y escurriendo de vez en cuando para asegurar un buen impregnado de la solución de sudor.
- Exprimir (con ayuda de un foulard) la muestra para eliminar el exceso de solución, hasta verificar que la muestra tenga 2,25 ± 0,05 veces su peso original.
- Colocar cada especimen entre dos placas de vidrio o acrílico, con las franjas de la multifibra perpendiculares a los lados mayores de la placa.
- Distribuir los especímenes de manera homogénea entre las 21 placas del equipo. Se debe colocar las 21, sin importar el número de especímenes a ensayar.
- Aplicar una carga, de tal manera que se ejerza una fuerza total de 4,54 kg sobre las 21 placas. Ajustar los tornillos de fijación para inmovilizar las placas bajo esta fuerza.
- Llevar el portamuestras a una estufa a 38 ± 1º C durante 6 h ± 5 minutos.
- Retirar de la estufa el portamuestras y sacar los especímenes. Separar los tejidos de la multifibra y secarlos sobre un malla en una atmósfera acondicionada (21º C ± 1º C y 65% ± 5% de HR) durante 8 a 12 horas.

Fig. 193 Perspirómetro, con las 21 placas de acrílico y la pesa normalizada para el ajuste de la fuerza.

Fig. 194

Evaluación

Los especímenes teñidos se evalúan con la escala de grises para el cambio de color.

Las multifibras se evalúan con la escala de grises para la transferencia de color o con la escala de transferencia cromática de 9 pasos, en cada tipo de fibra.

Opcionalmente puede realizarse ambas lecturas en un espectrofotómetro con el software adecuado, por ejemplo, el Datacolor TOOLS.

Solución de sudor ácido

- 10 g ± 0,01 g de cloruro de sodio (NaCl)
- 1 g ± 0,01 g de ácido láctico, USP 85 %
- 1 g ± 0,01 g de fosfato de sodio dibásico, anhidro (Na_2HPO_4)
- 0,25 g ± 0,001 g de monoclorhidrato de L-histidina

Completar hasta 1 l con agua destilada.

El pH de la solución debe ser de 4,3 ± 0,2

Solución de sudor alcalino[20]

- 10 g de cloruro de sodio
- 4 g de carbonato de amonio, USP
- 1 g de fosfato de sodio dibásico, anhidro (Na_2HPO_4)
- 0,25 g de monoclorhidrato de l-histidina

Completar hasta 1 l con agua destilada.

El pH de la solución debe ser de 8,0.

SOLIDEZ A LA LUZ

(Basado en el ensayo *AATCC Test Method 16 Colorfastness to Light*)

Se entiende por solidez a la luz a la resistencia de un material al cambio de las características de color como resultado de su exposición a la luz del sol o una fuente de luz artificial.

Las opciones de ensayos descritas son aplicables a todo tipo de sustratos textiles y para colorantes, acabados y tratamientos aplicados a los materiales textiles.

Las opciones que incluye esta prueba son:

- Lámpara cerrada de arco (carbono), luz continua
- Lámpara cerrada de arco (carbono), luz y oscuridad alternadas
- Lámpara de arco (xenón), luz continua, opción panel negro
- Lámpara de arco (xenón), luz y oscuridad alternadas
- Lámpara de arco (xenón), luz continua, opción negro estándar
- Luz de día a través de ventana de vidrio

El principio de este ensayo consiste en colocar una muestra del material textil junto a un estándar y exponerlas simultáneamente a una fuente de luz en determinadas condiciones.

La solidez del color a la luz de la muestra se evalúa por comparación del cambio de color de la parte expuesta con la parte oculta o con el material no expuesto original, utilizando la escala de grises para el cambio de color, o por medición instrumental de color.

La clasificación de la solidez a la luz se lleva a cabo por evaluación frente a un estándar de lana azul simultáneamente expuesta.

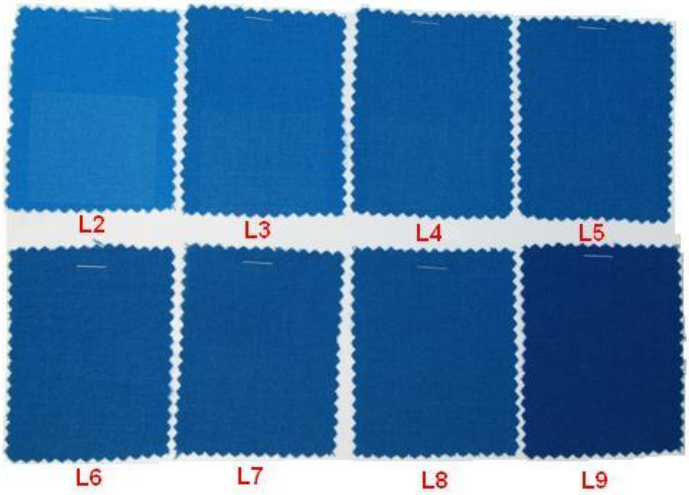


Fig. 195 Estándares de lana azul, de L2 a L9

[20] El ensayo de solidez sobre solución de sudor alcalino fue eliminada hace algunos años por la AATCC, aquí la mencionamos, pues es posible que en determinados casos se requiera esta prueba.

A menudo los artículos son expuestos a 20, 40, o 60 AFU.

1 AFU[21] (AATCC Fading Unit) equivale a la veinteava (1/20) parte de exposición a la luz requerida para producir un cambio de coloración de grado 4 (escala de grises para el cambio de color) o 1,7± 0,3 unidades CIELAB de diferencia de color (ΔE*) sobre el estándar de lana azul L4. Así que, para la lana azul ATCC, 20 AFU causarían un cambio de color equivalente al grado 4 en la escala de grises para cambio de color.

Estándar AATCC de lana azul	AFU	kJ/(m^2·nm) @ 420 nm
L2	5	21
L3	10	43
L4	20	85
L5	40	170
L6	80	340
L7	160	680
L8	320	1360
L9	640	2720

Tabla 11

Las pruebas se realizan según la cantidad deseada de unidades de decoloración AATCC (AFU), y no en número de horas de reloj.

Aproximadamente 10 AFU equivalen a 90 – 72 horas de exposición a la luz solar, mientras que 20 AFU representan la exposición durante 120 – 144 horas.

El equipo utilizado es el fadeómetro (Xenotest es un nombre comercial), básicamente consiste en una cámara cerrada dentro de la cual hay una fuente luminosa, y alrededor de ésta giran las muestras y los patrones a una misma distancia. Este recinto suele ir provisto de unas toberas que proyectan automáticamente agua pulverizada para mantener cierto nivel de humedad.

Fig. 196 Fadeómetro

Fig. 197 Detalle de las muestras colocadas alrededor de la lámpara, junto con los estándares de lana azul

[21] El valor de 20 AFU ha sido determinado, sobre la base de estudios de pruebas interlaboratorio, como 85 kJ/m^2 @ 420 nm.

TELA MULTIFIBRA

Es un tejido normalizado para evaluar la transferencia de color de materiales textiles, presenta zonas de urdimbres diferenciadas por su composición.

El tejido multifibra más empleado es el **tipo 10**, que consta de 6 fibras:

Acetato	**Algodón**	**Poliamida**	**Poliéster**	**Acrílico**	**Lana**

Asimismo, el tejido multifibra del **tipo 1**, también consta de 6 fibras:

Acetato	**Algodón**	**Poliamida**	**Seda**	**Rayón viscosa**	**Lana**

Fig. 198 Tela multifibra tipo 10

ESCALAS DE GRISES

Son láminas de cartón empleadas para determinar la solidez al color de los materiales textiles.

La evaluación de la solidez se determina en grados, éstos son 9: 1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4, 4-5 y 5; donde el grado 1 indica la más baja solidez y el grado 5 la más alta solidez.

Se manejan dos tipos de escalas:

- **Escala de grises para la evaluación del cambio de color** (*Gray scale for evaluating change in color)*

  Muestra el cambio de color de un material teñido luego de someterlo a un proceso (lavado, frote, luz, sudor, etcétera), cada grado consta de dos zonas definidas, la izquierda representa (en gris neutro) el color original y la derecha representa (en gris neutro) el color luego del proceso.

- **Escala de grises para la evaluación de la transferencia de color** (*Gray scale for evaluating staining)*

  Muestra la transferencia del color de un material teñido hacia un tejido testigo blanco luego de someterlo a un proceso (lavado, frote, luz, sudor, etcétera), cada grado consta de dos zonas definidas, la izquierda representa (en blanco) el color original del testigo y la derecha representa (en gris neutro) el color adquirido por el testigo luego del proceso.

La combinación de envejecimiento, suciedad y rayado de las bandas de grises causada por el uso, puede hacer inutilizables las escalas. Se recomienda cambiarlas cuando se alcance 1 año del primer uso.

Fig. 199 Escala de grises para la evaluación del cambio de color

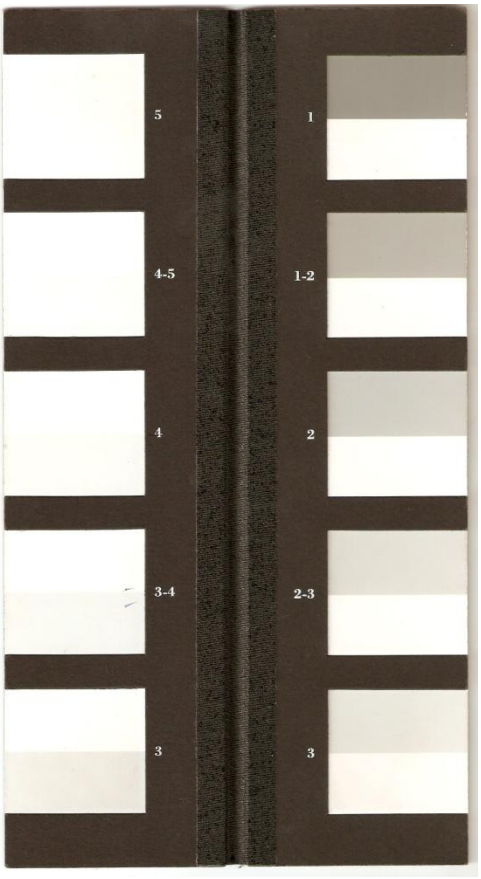


Fig. 200 Escala de grises para la evaluación de la transferencia de color

ESCALA DE TRANSFERENCIA CROMÁTICA AATCC DE 9 PASOS

Se usa en la evaluación de la decoloración de textiles no teñidos en pruebas de solidez del color, especialmente en la solidez al frote. El propósito de esta escala es similar al de la escala de grises para el cambio de color. Difiere de ella en que contiene fichas de color en cinco matices: rojo, amarillo, verde, azul, púrpura, y gris neutral, correspondiendo a la escala de grises para el cambio de color.

Fig. 201 Escala AATCC de 9 pasos

BIBLIOGRAFÍA

- Bellini, Pietro; Bonetti, F; Franzetti, E; Rosace, G; Vago, S. *La nobilitazione*. Fondazione ACIMIT. 2002.
- Booth, J. E. *Principles of textile testing*. Heywood Books; 1968.
- S.R. Karmakar. *Chemical technology in the pre-treatmen processes of textiles*. Elsevier Science B.V. 1999.
- Salem, Vidal; De Marchi A.; Gonçalves de Meneses, F. *O beneficiamento textil na práctica.* Goleen Química do Brasil, 2005.
- Technische Chemie S. A. C. *Acabados textiles*. 2005.
- *Textiles Terms and Definitions*. The Textile Institute, 1975.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- *Corino Macchine S.p.A.* [en línea]. Descarga de imágenes. <http://www.corinomacchine.com>
- *Datacolor - Industrial Business Unit* [en línea]. <http://www.knowledgebase.datacolor.com> [consulta: 27 de julio de 2012]
- *Diccionario de la Real Academia Española* [en línea]. Consultas varias. <http://www.rae.es/rae.html>
- Department of Physics and Astronomy of the Georgia State University *HyperPhysics* [en línea]. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html> [consulta: 30 de agosto de 2012]
- Sánchez Muñoz, Gustavo. *Imagen digital ~4.0* [en línea] <http://www.gusgsm.com> [consulta: 28 de agosto de 2012]
- Lockuán Lavado, Fidel. *Libros textiles gratuitos* [en línea] <http://fidel-lockuan.webs.com> [consulta: 05 de octubre de 2012]
- *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línea]. Consultas varias. <http://es.wikipedia.org>